

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 101 21 176 A 1**

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 M 8/02**  
H 01 M 8/22  
H 01 M 4/86

21 Aktenzeichen: 101 21 176.7  
22 Anmeldetag: 30. 4. 2001  
43 Offenlegungstag: 28. 2. 2002

DE 101 21 176 A 1

30 Unionspriorität:

2000-133862	02. 05. 2000	JP
2000-133865	02. 05. 2000	JP
2000-133866	02. 05. 2000	JP
2000-149068	19. 05. 2000	JP

71 Anmelder:

Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

74a Vertreter:

Weickmann & Weickmann, 81679 München

72 Erfinder:

Inoue, Masajiro, Wako, JP; Kimura, Nobuaki, Wako, JP; Suenaga, Toshihiko, Wako, JP; Hatano, Harumi, Wako, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Brennstoffzelle, die ein Dichtmittel aufweist, um eine Festpolymerelektrolytmembran abzudichten

57 Die Brennstoffzelle der vorliegenden Erfindung umfasst: eine Membranelektrodenanordnung, die eine Festpolymerelektrolytmembran, eine Anodenseitendiffusionselektrode (eine Anodenelektrode und eine zweite Diffusionsschicht), die auf einer Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist und eine Kathodenseitendiffusionselektrode (eine Kathodenelektrode und eine erste Diffusionsschicht), die auf der anderen Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, aufweist; ein Paar Abstandhalter, welche die Membranelektrodenanordnung aufnehmen; ein hervortretender Teil, der sich von der Festpolymerelektrolytmembran ausdehnt und der von den Rändern der Anodenseitendiffusionselektrode und der Kathodenseitendiffusionselektrode hervortritt; und eine Abdichtung, die auf den Abstandhaltern bereitgestellt wird, die zum Zeitpunkt der Auftragung ein flüssiges Dichtmittel war. Die Abdichtung kommt mit dem hervortretenden Teil in Kontakt, während die Membranelektrodenanordnung zwischen den Abstandhaltern angeordnet ist.

DE 101 21 176 A 1

## Beschreibung

## Hintergrund der Erfindung

5

## Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brennstoffzelle umfassend eine Membranelektrodenanordnung, die eine Festpolymerelektrolytmembran, eine Anodenseitengasdiffusionselektrode, die auf einer Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist und eine Kathodenseitengasdiffusionselektrode, die auf der anderen Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist und ein Paar von Abstandhaltern (Separatoren), welche die Membranelektrodenanordnung aufnehmen, aufweist; und ein Verfahren zur Herstellung derselben. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Brennstoffzelle, bei der die Membranelektrodenanordnung zuverlässig zwischen den Abstandhaltern abgedichtet werden kann und ein Verfahren zur Herstellung derselben.

[0002] Desweiteren betrifft die vorliegende Erfindung eine Brennstoffzelle, bei der die Ränder der Öffnungen für ein Brenngas, für ein Oxidationsgas und für ein Kühlmedium zuverlässig abgedichtet werden können und ein Verfahren zur Herstellung derselben.

[0003] Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung einen Brennstoffzellenstapel, dessen Brennstoffzelleneinheiten leicht ersetzt werden können.

20

## Beschreibung des Standes der Technik

[0004] Bei herkömmlichen Brennstoffzellen umfasst die Membranelektrodenanordnung eine Festpolymerelektrolytmembran und eine Anodenseitendiffusionselektrode und eine Kathodenseitendiffusionselektrode, die auf beiden Seiten der Membran angeordnet sind. Die Membranelektrodenanordnung wird durch ein Paar von Abstandhaltern aufgenommen. Durch das Zuführen von Brenngas (zum Beispiel Wasserstoffgas) auf eine Reaktionsoberfläche der Anodenseitendiffusionselektrode wird das Wasserstoffgas ionisiert und bewegt sich durch die Festpolymerelektrolytmembran auf die Kathodenseitendiffusionselektrode zu. Die in diesem Verfahren erzeugten Elektronen werden an einen externen Stromkreis abgegeben und werden als elektrische Energie eines Gleichstromes verwertet. Da Oxidationsgas (zum Beispiel Luft, die Sauerstoff enthält) der Kathodenelektrode zugeführt wird, wird Wasser durch die Reaktion der Wasserstoffionen, der Elektronen und des Sauerstoffes generiert.

[0005] Ein Beispiel wird unter Bezugnahme auf Fig. 17 erläutert. In der Fig. 17 bezeichnet die Bezugszahl 1 die Festpolymerelektrolytmembran. Eine Brennstoffzelle 4 ist so zusammengesetzt, dass die Festpolymerelektrolytmembran 1 zwischen den Gasdiffusionselektroden (eine Anodenseitendiffusionselektrode und eine Kathodenseitendiffusionselektrode) 2 und 3 aufgenommen wird. Plattenartige Dichtungen 5, die Öffnungen aufweisen, welche den Reaktionsflächen der Brennstoffzelle 4 entsprechen, werden auf beiden Seiten der Brennstoffzelle 4 bereitgestellt. Während die Dichtungen 5 die Kanten der Brennstoffzelle 4 bedecken und die Kanten der Brennstoffzelle 4 unter Verwendung von äusseren Druckvorrichtungen zusammendrücken, wird die Brennstoffzelle 4 zwischen zwei Abstandhaltern 7 aufgenommen (offenbart in der ungeprüften Japanischen Patentanmeldung, erste Veröffentlichungsnr. Hei 6-325777).

[0006] In der oben erwähnten, herkömmlichen Brennstoffzelle, trennen die Dichtungen 5 die Räume zwischen den Abstandhaltern 7 und den Gasdiffusionselektroden 2 und 3 gegen aussen ab. Darum verhindert diese Brennstoffzelle vorteilhafterweise das Austreten des Brenngases und des Oxidationsgases und verhindert die Vermischung dieser Gase, um dadurch eine wirksame Erzeugung von elektrischer Leistung zu erreichen. Unterschiede in der Dicke der Abstandhalter 7 und 8 und der Gasdiffusionselektroden 2 und 3 sind unvermeidbar. Darum ist die Reaktionskraft, die durch die Dichtungen erzeugt wird, nicht einheitlich, wenn die Dichtungen 5, die unterschiedliche Dicken aufweisen, mit den Abstandhaltern 7 und den Gasdiffusionselektroden 2 und 3 kombiniert werden. Deshalb besteht das Problem, dass die Abdichtung zwischen den Abstandhaltern 7 und den Gasdiffusionselektroden 2 und 3 nicht einheitlich ist.

[0007] Desweiteren weist die Brennstoffzelle ein internes Verteilerstück zum Zuführen von Brenngas, Oxidationsgas und Kühlmedium zur Anodenseitendiffusionselektrode und zur Kathodenseitendiffusionselektrode auf. Das interne Verteilerstück weist einige Öffnungen durch die Abstandhalter auf.

[0008] Ein Beispiel der herkömmlichen Technik wird unter Bezugnahme auf Fig. 32 erläutert. Die Bezugszahl 201 bezeichnet eine Festpolymerelektrolytmembran. Die Brennstoffzelle 204 ist so zusammengesetzt, dass die Festpolymerelektrolytmembran 201 durch Gasdiffusionselektroden (eine Anodenseitendiffusionselektrode und eine Kathodenseitendiffusionselektrode) 202 und 203 aufgenommen wird. Die Brennstoffzelle 204 wird zwischen den Abstandhaltern 205 und 205 aufgenommen.

[0009] Die Öffnungen 206, die das interne Verteilerstück bilden, werden an den Rändern der Abstandhalter 205, welche die Brennstoffzelle 204 aufnehmen, gebildet. Das Oxidationsgas oder das Brenngas, das von den Öffnungen 206 zugeführt wird, erreicht die Reaktionsoberflächen der entsprechenden Brennstoffzellen 204.

[0010] Um die Ränder der Öffnungen 206 abzudichten, wird eine Abdichtung 207 zwischen die Abstandhalter 205 eingesetzt und kommt in Kontakt mit den Rändern der Öffnungen 206 (offenbart in der ungeprüften Japanischen Patentanmeldung, erste Veröffentlichungsnr. Hei 6-96783 und dem U. S. Patent Nr. 4,510,213).

[0011] Die oben erwähnte Brennstoffzelle weist Probleme insofern auf, dass der Oberflächendruck der Abdichtung 207 in den Rändern der Öffnungen der Abstandhalter 205 variiert und dass eine partielle Biegespannung in den Rändern der Öffnungen wirkt.

[0012] Eine andere herkömmliche Brennstoffzelle wird unter Bezugnahme auf Fig. 47 erläutert. In der Fig. 47 bezeichnet die Bezugszahl 301 eine Festpolymerelektrolytmembran. Die Brennstoffzelle 304 ist so zusammengesetzt, dass die Festpolymerelektrolytmembran 301 durch Gasdiffusionselektroden (eine Anodenseitendiffusionselektrode und eine Kathodendiffusionselektrode) 302 und 303 aufgenommen wird. Die Brennstoffzellen 304 werden über Kohleplatten 305, die in den Rändern derselben angeordnet sind, durch die Abstandhalter 306 und 306 aufgenommen. Die Brennstoff-

zelleneinheiten sind so zusammengesetzt, dass die Abstandhalter 306 mit den Brennstoffzellen 304 durch eine zweiseitige Klebefolie 307 verbunden sind und die Brennstoffzelleneinheiten sind gestapelt, um den Brennstoffzellenstapel herzustellen (offenbart in der ungeprüften Japanischen Patentanmeldung, erste Veröffentlichungsnr. Hei 9-289029).

[0013] Dies bedeutet, dass die Brennstoffzellen 304 und die Abstandhalter 306 über die zweiseitige Klebefolie 307 verbunden sind und die Brennstoffzellen werden so zusammengesetzt. Dann werden die Brennstoffzelleneinheiten gestapelt. Dies stellt jedoch insofern ein Problem dar, als dass die zweiseitige Klebefolie 307 herausgelöst werden muss, wenn entweder die Festpolymerelektrolytmembran 301 oder die Abstandhalter 306 ersetzt werden müssen und dies stellt einen grossen Arbeitsaufwand dar.

[0014] Desweiteren könnten andere als die ersetzten Komponenten deformiert werden, wenn die zweiseitige Klebefolie 307 herausgelöst wird.

#### Kurze Zusammenfassung der Erfindung

[0015] Es ist darum ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung eine Brennstoffzelle, welche die Abdichtung zwischen der Membranelektrodenanordnung und den Abstandhaltern verbessern kann und ein Verfahren zur Herstellung derselben, bereitzustellen.

[0016] Im ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst die Brennstoffzelle: eine Membranelektrodenanordnung (12), die eine Festpolymerelektrolytmembran (18), eine Anodenseitengasdiffusionselektrode (eine Anodenelektrode 22 und eine zweite Gasdiffusionsschicht 26), die auf einer Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist und eine Kathodenseitengasdiffusionselektrode (eine Kathodenelektrode 20 und eine erste Gasdiffusionsschicht 24), die auf der anderen Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, aufweist; ein Paar Abstandhalter (14 und 16), welche die Membranelektrodenanordnung aufnehmen; einen hervortretenden Teil (18a), der sich von der Festpolymerelektrolytmembran ausdehnt und der von den Rändern der Anodenseitendiffusionselektrode und der Kathodenseitendiffusionselektrode hervortritt; und eine Abdichtung, bereitgestellt auf den Abstandhaltern, die zum Zeitpunkt der Auftragung ein flüssiges Dichtmittel (S) war. Das Dichtmittel kommt mit dem hervortretenden Teil in Kontakt, während die Membranelektrodenanordnung zwischen den Abstandhaltern angeordnet ist.

[0017] In dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung, wird die Abdichtung in Vertiefungen (28), die im Abstandhalter gebildet werden, bereitgestellt.

[0018] Gemäss dem ersten und zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung kommt das flüssige Dichtmittel (was einem flüssigen oder gelartigen Dichtmittel entspricht) in direkten Kontakt mit dem hervortretenden Teil, der am Rand der Festpolymerelektrolytmembran bereitgestellt wird, wird zwischen der Festpolymerelektrolytmembran und den Abstandhaltern zusammengedrückt, passt sich an die verschiedenen Grössen der Abdichtungsbereiche an und hält die Gasundurchlässigkeit zwischen der Festpolymerelektrolytmembran und den Abstandhaltern aufrecht. Darum ist die Reaktionskraft, die durch die Abdichtung hervorgerufen wird, einheitlich über den Rand zwischen den Abstandhaltern und der Membranelektrodenanordnung, wodurch die Abdichtung einheitlich wird. Die Herstellungsgrössen der Abstandhalter und der Membranelektrodenanordnung in Bezug auf die Dicke müssen nicht genau kontrolliert werden. Die Handhabung der Genauigkeit bezüglich der Grösse ist einfach und die Herstellungskosten können reduziert werden.

[0019] Das flüssige Dichtmittel gleicht weiter die Grössenunterschiede der Abdichtungsbereiche zwischen den Abstandhaltern und dem hervortretenden Teil der Festpolymerelektrolytmembran aus und verhindert dadurch, dass Partialkräfte auf die Abstandhalter einwirken. Die Abstandhalter können darum dünn sein, die Brennstoffzelle kann leicht sein und die Grösse der Brennstoffzelle kann verringert werden. Die erfindungsgemässe Brennstoffzelle ist geeignet für ein Vehikel, in dem der Raum für die Brennstoffzelle begrenzt ist und in welchem es für die Abstandhalter erwünscht ist, so dünn wie möglich zu sein.

[0020] In dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Breite e des hervortretenden Teiles gleich oder grösser als  $\frac{3}{2} \times C$ , wenn der Durchmesser des aufgetragenen flüssigen Dichtmittels C beträgt.

[0021] Gemäss dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann, zusätzlich zu den obigen Effekte, die Breite des hervortretenden Teiles der Festpolymerelektrolytmembran minimal sein, während eine zuverlässige Abdichtung erreicht wird. Das heisst, dass der vortretende Teil, der nicht zur Reaktion der Gase beiträgt, minimiert werden kann, während die Abdichtung verbessert wird.

[0022] Im vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist der Durchmesser des aufgetragenen Dichtmittels gleich oder grösser als 0,9 mm.

[0023] Gemäss dem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung, ist die Breite des Kontaktes des flüssigen Dichtmittels für die Herstellung der Brennstoffzelle geeignet und der Herstellungsprozess kann vereinfacht werden.

[0024] Es ist darum ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung eine Brennstoffzelle, bei der es möglich ist, die Abdichtung in den Rändern der Öffnung des Abstandhalters zu verbessern und ein Verfahren zur Herstellung derselben, bereitzustellen.

[0025] In dem fünften Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst die Brennstoffzelle: eine Membranelektrodenanordnung (12), die eine Festpolymerelektrolytmembran (18), eine Anodenseitendiffusionselektrode (eine Anodenelektrode 22 und eine zweite Diffusionsschicht 26), die auf einer Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist und eine Kathodenseitendiffusionselektrode (eine Kathodenelektrode 20 und die erste Diffusionsschicht 24), die auf der anderen Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, aufweist; ein Paar Abstandhalter (14 und 16), welche die Membranelektrodenanordnung aufnehmen, wobei jeder der Abstandhalter eine Öffnung (36a, 38a, 40a, 40b, 36b oder 38b) für die Zufuhr oder Entnahme eines ausgewählt aus Brenngas, Oxidationsgas und Kühlmedium zur oder aus der Membranelektrodenanordnung, aufweist; eine Abdichtung, die zum Zeitpunkt der Auftragung ein flüssiges Dichtmittel (SA1) war, das die hervortretenden Öffnungen der Abstandhalter umgibt, wobei die Abdichtung auf einem Abstandhalter in Kontakt mit der Abdichtung auf dem anderen Abstandhalter kommt, um den Rand der Öffnung abzudichten.

[0026] In dem sechsten Aspekt der vorliegenden Erfindung, weisen die Abstandhalter Vertiefungen (30) auf, welche die Öffnungen umgeben und die Abdichtung wird in den Vertiefungen bereitgestellt.

[0027] Gemäss dem fünften und sechsten Aspekt der vorliegenden Erfindung, kommt die Abdichtung in direkten Kontakt mit dem hervortretenden Teil, der am Rand der Festpolymerelektrolytmembran **18** bereitgestellt wird, wird zwischen den Abstandhaltern zusammengedrückt, passt sich an die verschiedenen Grössen der Abdichtungsbereiche an und hält die Gasdurchlässigkeit in den Rändern der Öffnungen aufrecht. Darum ist die Reaktionskraft, die durch die Abdichtung hervorgerufen wird, einheitlich über die Ränder der Öffnungen, wodurch die Abdichtung einheitlich gemacht wird.

Die Herstellungsgrössen der Abstandhalter in der Richtung der Dicke müssen nicht genau kontrolliert werden. Die Handhabung der Genauigkeit bezüglich der Grösse ist einfach und die Herstellungskosten können reduziert werden.

[0028] Im siebten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst die Brennstoffzelle: eine Membranelektrodenanordnung, die eine Festpolymerelektrolytmembran, eine Anodenseitendiffusionselektrode, die auf einer Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist und eine Kathodenseitendiffusionselektrode, die auf der anderen Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, aufweist; ein Paar Abstandhalter, welche die Membranelektrodenanordnung aufnehmen, wobei jeder der Abstandhalter eine Öffnung für die Zufuhr oder Entnahme eines ausgewählt aus Brenngas, Oxidationsgas und Kühlmedium zur oder aus der Membranelektrodenanordnung, aufweist; und eine Abdichtung, die zum Zeitpunkt der Auftragung ein flüssiges Dichtmittel war, das die Öffnungen eines der Abstandhalter umgibt und die in Kontakt mit dem anderen Abstandhalter kommt, um die Ränder der Öffnung abzudichten.

[0029] Im achten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist einer der Abstandhalter eine Vertiefung auf, welche die Öffnung umgibt und die Abdichtung wird in den Vertiefungen bereitgestellt.

[0030] Die siebten und achten Aspekte der vorliegenden Erfindung erreichen die gleichen Effekte wie diejenigen der fünften und sechsten Aspekte und reduziert die Herstellungskosten, weil das flüssige Dichtmittel und die Vertiefung nur auf einem Abstandhalter bereitgestellt werden.

[0031] Es ist darum ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung, einen Brennstoffzellenstapel bereitzustellen, dessen Brennstoffzelleneinheiten einfach ersetzt werden können.

[0032] Im neunten Aspekt der vorliegenden Erfindung, weist der Brennstoffzellenstapel (N) mehrere Brennstoffzelleneinheiten (10) auf. Jede der Brennstoffzelleneinheiten (10) umfasst: eine Membranelektrodenanordnung (12), die eine Festpolymerelektrolytmembran (18), eine Anodenseitendiffusionselektrode (eine Anodenelektrode **22** und eine zweite Diffusionsschicht **26**), die auf einer Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist und eine Kathodenseitendiffusionselektrode (eine Kathodenelektrode **20** und eine erste Diffusionsschicht **24**), die auf der anderen Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, aufweist; ein Paar Abstandhalter (14 und 16), welche die Membranelektrodenanordnung aufnehmen; eine klebende Abdichtung (SB), die zwischen den Abstandhaltern bereitgestellt wird, die zum Zeitpunkt der Auftragung ein flüssiges Dichtmittel war; und eine nicht-klebende Abdichtung (SB1 oder KS1), die zwischen dem Abstandhalter einer Brennstoffzelleneinheit und dem Abstandhalter der anderen Brennstoffzelleneinheit bereitgestellt wird.

[0033] Im zehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung war die nicht-klebende Abdichtung ein flüssiges Dichtmittel zum Zeitpunkt der Auftragung.

[0034] Im elften Aspekt der vorliegenden Erfindung war die nicht-klebende Abdichtung ein festes Dichtmittel zum Zeitpunkt der Auftragung.

[0035] Gemäss dem neunten und elften Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die nicht-klebende Abdichtung zwischen den Abstandhaltern in den gestapelten Brennstoffzelleneinheiten bereitgestellt. Deshalb kann jede Brennstoffzelleneinheit einfach ausgebaut und wieder eingebaut werden, wenn eine der Brennstoffzelleneinheiten ersetzt wird. Daher ist die Wiederaufbaubarkeit verbessert. Weil die klebende Abdichtung an die Abstandhalter bindet, welche die Brennstoffzelle aufnehmen, wird verhindert, dass die Membranelektrodenanordnung zufälligerweise während dem Abbauen oder dem Aufbauen des Brennstoffzellenstapels getrennt wird. Desweiteren wird verhindert, dass die Diffusionselektroden und die Abstandhalter zufälligerweise getrennt werden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0036] Fig. 1 ist eine Explosions- und perspektivische Ansicht, die die erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0037] Fig. 2 ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie A-A in Fig. 1.

[0038] Fig. 3 ist eine Ansicht, die einen ersten Abstandhalter der ersten Ausführungsform aus der Richtung des Pfeiles B in Fig. 1 zeigt.

[0039] Fig. 4 ist eine Ansicht, die einen zweiten Abstandhalter der ersten Ausführungsform aus der Richtung des Pfeiles C in Fig. 1 zeigt.

[0040] Fig. 5 ist eine Ansicht, die einen zweiten Abstandhalter der ersten Ausführungsform aus der Richtung des Pfeiles D in Fig. 1 zeigt.

[0041] Fig. 6 ist eine vergrösserte Ansicht, die den Hauptteil von Fig. 2 zeigt.

[0042] Fig. 7 ist eine Ansicht, die die Festpolymerelektrolytmembran und das flüssige Dichtmittel der ersten Ausführungsform zeigt.

[0043] Fig. 8 ist eine Ansicht, die die herkömmliche Technik zeigt.

[0044] Fig. 9 ist eine Ansicht, die einen Herstellungsschritt der ersten Ausführungsform zeigt.

[0045] Fig. 10 ist eine Ansicht, die einen Herstellungsschritt der ersten Ausführungsform zeigt.

[0046] Fig. 11 ist eine Ansicht, die einen Herstellungsschritt der ersten Ausführungsform zeigt.

[0047] Fig. 12 ist eine Ansicht, die einen Herstellungsschritt der ersten Ausführungsform zeigt.

[0048] Fig. 13 ist eine Ansicht, die einen Herstellungsschritt der ersten Ausführungsform zeigt.

[0049] Fig. 14 ist eine Ansicht, die einen Herstellungsschritt der ersten Ausführungsform zeigt.

[0050] Fig. 15 ist eine Ansicht, die einen Herstellungsschritt der ersten Ausführungsform zeigt.

[0051] Fig. 16 ist eine Ansicht, die eine Modifikation der vorliegenden Erfindung, die der Fig. 6 entspricht, zeigt.

[0052] Fig. 17 ist eine Querschnittsansicht, die eine herkömmliche Technik zeigt.

- [0053] Fig. 18 ist eine Querschnittsansicht, die die zweite Ausführungsform zeigt, bei der das flüssige Dichtmittel auf die Membranelektrodenanordnung aufgetragen wird.
- [0054] Fig. 19 ist eine Querschnittsansicht, die die zweite Ausführungsform zeigt, bei der die Membranelektrodenanordnung durch die Abstandhalter aufgenommen wird.
- [0055] Fig. 20 ist eine perspektivische Ansicht, die ein Gerät zeigt, das im Experiment der zweiten Ausführungsform verwendet wurde. 5
- [0056] Fig. 21 ist eine Ansicht, die das vorgegebene Gerät für das Experiment der zweiten Ausführungsform zeigt.
- [0057] Fig. 22 ist eine Ansicht, die das Experiment der zweiten Ausführungsform zeigt.
- [0058] Fig. 23 ist eine Explosions- und perspektivische Ansicht, die die dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. 10
- [0059] Fig. 24 ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie A-A der Fig. 23.
- [0060] Fig. 25 ist eine Ansicht, die einen ersten Abstandhalter der ersten Ausführungsform aus der Richtung des Pfeiles B in Fig. 23 zeigt.
- [0061] Fig. 26 ist eine Ansicht, die einen zweiten Abstandhalter der ersten Ausführungsform aus der Richtung des Pfeiles C in Fig. 23 zeigt. 15
- [0062] Fig. 27 ist eine Ansicht, die einen zweiten Abstandhalter der ersten Ausführungsform aus der Richtung des Pfeiles D in Fig. 23 zeigt.
- [0063] Fig. 28 ist eine vergrößerte und Explosionsansicht, die den Hauptteil der dritten Ausführungsform in Fig. 24 zeigt.
- [0064] Fig. 29 ist eine vergrößerte Ansicht, die den Hauptteil der dritten Ausführungsform der Fig. 24 zeigt. 20
- [0065] Fig. 30 ist eine Ansicht, die das Experiment 1 der dritten Ausführungsform zeigt.
- [0066] Fig. 31 ist eine Ansicht, die das Experiment 2 der dritten Ausführungsform zeigt.
- [0067] Fig. 32 ist eine Querschnittsansicht, die die herkömmliche Technik zeigt.
- [0068] Fig. 33 ist eine Anordnungsabbildung, die die vierte erfindungsgemässe Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. 25
- [0069] Fig. 34 ist eine Explosions- und perspektivische Ansicht, die die vierte Ausführungsform zeigt.
- [0070] Fig. 35 ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie A-A in Fig. 34.
- [0071] Fig. 36 ist eine Ansicht, die einen ersten Abstandhalter der vierten Ausführungsform aus der Richtung des Pfeiles B in Fig. 34 zeigt.
- [0072] Fig. 37 ist eine Ansicht, die einen zweiten Abstandhalter der vierten Ausführungsform aus der Richtung des Pfeiles C in Fig. 34 zeigt. 30
- [0073] Fig. 38 ist eine Ansicht, die einen zweiten Abstandhalter der vierten Ausführungsform aus der Richtung des Pfeiles D in Fig. 34 zeigt.
- [0074] Fig. 39 ist eine vergrößerte Ansicht, die den Hauptteil der Fig. 34 zeigt.
- [0075] Fig. 40 ist eine Ansicht, die das erste Beispiel des Stapelns der Teile der vierten Ausführungsform zeigt. 35
- [0076] Fig. 41 ist eine Ansicht, die das zweite Beispiel des Stapelns der Teile der vierten Ausführungsform zeigt.
- [0077] Fig. 42 ist eine Ansicht, die das dritte Beispiel des Stapelns der Teile der vierten Ausführungsform zeigt.
- [0078] Fig. 43 ist eine Ansicht, die das vierte Beispiel des Stapelns der Teile der vierten Ausführungsform zeigt.
- [0079] Fig. 44 ist eine Ansicht, die das Experiment der vierten Ausführungsform zeigt.
- [0080] Fig. 45 ist eine Ansicht aus der Richtung des Pfeiles X in Fig. 12. 40
- [0081] Fig. 46 ist ein Diagramm, das die Ergebnisse des Experimentes der vierten Ausführungsform zeigt.
- [0082] Fig. 47 ist eine Querschnittsansicht, die die herkömmliche Technik zeigt.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

- [0083] Die erfindungsgemässen Ausführungsformen werden mit Bezugnahme auf die Abbildungen erläutert. 45

#### Erste Ausführungsform

- [0084] Fig. 1 ist eine perspektivische Explosionsansicht, die die erfindungsgemässe Brennstoffzelle zeigt. Die Brennstoffzelleneinheit 10 umfasst eine Membranelektrodenanordnung 12 und erste und zweite Abstandhalter 16, welche die Brennstoffzelle aufnehmen. Ein Brennstoffzellenstapel für ein Vehikel wird durch Stapeln einer Anzahl von Brennstoffzelleneinheiten 10 zusammengesetzt. 50
- [0085] Die Brennstoffzellenuntereinheit 12 umfasst eine Festpolymerelektrolytmembran 18 und eine Kathodenelektrode 20 und eine Anodenelektrode 22, die beide Seiten der Festpolymerelektrolytmembran 18 aufnehmen. Jede Kathodenelektrode 20 und jede Anodenelektrode 22 weist eine erste Gasdiffusionsschicht 24 und eine zweite Gasdiffusionsschicht 26 auf, die beispielsweise aus porösem Kohlegewebe oder porösem Kohlepapier hergestellt sind. Die Festpolymerelektrolytmembran 18 ist aus einem Perfluorsulfonsäurepolymer hergestellt. Die Kathodenelektrode 20 und die Anodenelektrode 22 sind aus Platin hergestellt. Eine Kathodenseitendiffusionselektrode (Gaselektrode) umfasst die Kathodenelektrode 20 und die erste Gasdiffusionsschicht 24, während eine Anodenseitendiffusionselektrode (Gasdiffusionselektrode) die Anodenelektrode 22 und die zweite Gasdiffusionsschicht 24 umfasst. 55
- [0086] Die Festpolymerelektrolytmembran 18 weist einen hervortretenden Teil auf, der von den Kanten der Kathodenelektrode 20 und der Anodenelektrode 22, welche die Festpolymerelektrolytmembran 18 aufnehmen, hervortritt. Ein flüssiges Dichtmittel S, das auf die ersten und zweiten Abstandhalter 14 und 16 aufgetragen ist, die dem hervortretenden Teil 18a entsprechen, kommt mit beiden Seiten des hervortretenden Teiles 18a in direkten Kontakt. 60
- [0087] Wie in Fig. 3 gezeigt, weist der erste Abstandhalter 14 eine Brenngasseiteneinlassöffnung 36a am oberen rechten Ende von und dicht bei der Kante des ersten Abstandhalters 14 auf, um einem Brenngas, wie einem Gas, das Wasserstoff enthält, den Durchtritt zu ermöglichen und er weist eine Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a am oberen linken 65

Ende von und dicht bei der Kante des ersten Abstandhalters 14 auf, um einem Oxidationsgas, wie ein Gas, das Sauerstoff oder Luft enthält, den Durchtritt zu ermöglichen.

[0088] Eine Kühlmediumseiteneinlassöffnung 40a, die einem Kühlmedium, wie reines Wasser, Ethylenglycol oder Öl, den Durchtritt ermöglicht, wird am rechten Ende in horizontaler Richtung und in der Mitte in vertikaler Richtung des ersten Abstandhalters 14 bereitgestellt. Eine Kühlmediumseitenauslassöffnung 40b, die den Durchtritt von gebrauchtem Kühlmedium ermöglicht, wird am linken Ende in horizontaler Richtung und in der Mitte in vertikaler Richtung des ersten Abstandhalters 14 bereitgestellt.

[0089] Eine Brenngasseitenauslassöffnung 36b, um den Durchtritt des Brenngases zu ermöglichen, wird am unteren linken Ende von und dicht bei der Kante des ersten Abstandhalters 14 bereitgestellt und ist in Bezug auf die Brenngasseiteneinlassöffnung 36a diagonal angeordnet. Eine Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38b, um den Durchtritt des Oxidationsgases zu ermöglichen, wird am unteren rechten Ende von und dicht bei der Kante des ersten Abstandhalters 14 bereitgestellt und ist in Bezug auf die Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a diagonal angeordnet.

[0090] Wie in Fig. 1 gezeigt, werden mehrere beispielsweise sechs unabhängige erste Oxidationsgaskanäle 42 auf einer Oberfläche 14a gegenüber der Kathodenelektrode 20 des ersten Abstandhalters 14 gebildet. Sie beginnen um die Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a und verlaufen horizontal, während sie sich in Richtung der Erdanziehung vertikal nach unten durchschlängeln.

[0091] Diese ersten Oxidationskanäle 42 verbinden sich mit drei zweiten Oxidationsgaskanälen 44 und die zweiten Oxidationsgaskanäle 44 enden um die Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38b.

[0092] Wie in Fig. 3 gezeigt, weist der erste Abstandhalter 14 erste Oxidationsgasverbindungsdurchtritte 46 auf, die durch den ersten Abstandhalter 14 hindurchgehen, deren Enden mit der Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a auf einer Oberfläche 14b gegenüber der Oberfläche 14a verbunden sind und deren andere Enden mit den ersten Oxidationsgaskanälen 42 auf der Oberfläche 14a verbunden sind.

[0093] Der erste Abstandhalter 14 weist weiter zweite Oxidationsgasverbindungsdurchtritte 48 auf, die durch den ersten Abstandhalter 14 hindurchgehen, deren Enden mit der Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38b auf der Oberfläche 14b verbunden sind und deren andere Enden mit den zweiten Oxidationsgaskanälen 48 auf der Oberfläche 14a verbunden sind.

[0094] Wie in den Fig. 4 und 5 gezeigt [weist der zweite Abstandhalter], eine Brenngasseiteneinlassöffnung 36a, eine Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a, eine Kühlmediumseiteneinlassöffnung 40a, eine Kühlmediumauslassöffnung 40b, eine Brenngasseitenauslassöffnung 36b und eine Oxidationsgaseauslassöffnung 38b auf, die an beiden Enden von und dicht bei den Kanten des zweiten Abstandhalters 16, in einer ähnlichen Art und Weise wie die Öffnungen des ersten Abstandhalters 14 angeordnet sind.

[0095] Mehrere erste Brenngaskanäle 60, beispielsweise sechs, sind auf einer Oberfläche 16a des zweiten Abstandhalters 16 gebildet und sie beginnen um die Brenngasseiteneinlassöffnung 36a. Die ersten Brenngaskanäle 60 verlaufen horizontal während sie sich in Richtung der Erdanziehung vertikal nach unten durchschlängeln und verbinden sich mit drei zweiten Brenngaskanälen 62. Die zweiten Brenngaskanäle 62 enden um die Brenngasseitenauslassöffnung 36b.

[0096] Der Abstandhalter 16 weist erste Brenngasverbindungsdurchtritte 64, welche die Brenngasseiteneinlassöffnung 36a auf der Oberfläche 16b mit den ersten Brenngaskanälen 60 verbindet und zweite Brenngasverbindungsdurchtritte 66, welche die Brenngasseitenauslassöffnung 36b auf der Oberfläche 16b mit den zweiten Brenngaskanälen 62 verbindet, auf. Die Durchtritte 64 und 66 verlaufen durch den zweiten Abstandhalter.

[0097] Wie in den Fig. 2 und 5 gezeigt, werden mehrere Hauptkanäle 72a und 72b, die als Kühlmediumkanäle dienen, auf der Oberfläche 16b des zweiten Abstandhalters 16, innerhalb des Bereiches, der von dem flüssigen Dichtmittel S umgeben ist, und dicht an der Kühlmediumseiteneinlassöffnung 40a und der Kühlmediumseitenauslassöffnung 40b, gebildet. Mehrere Abzweigkanäle 74 zweigen von den Hauptkanälen 72a und 72b ab und erstrecken sich in horizontaler Richtung.

[0098] Der zweite Abstandhalter 16 weist erste Kühlmediumverbindungsdurchtritte 76, welche die Kühlmediumseiteneinlassöffnung 70a mit den Hauptkanälen 72a verbinden und zweite Kühlmediumverbindungsdurchtritte 78, welche die Kühlmediumauslassöffnung 40b mit den Hauptkanälen 72b verbinden, auf. Die Durchtritte 76 und 78 verlaufen durch den zweiten Abstandhalter 16.

[0099] Wie in Fig. 2 gezeigt, wird eine Vertiefung 28 gegenüber der Anodenelektrode 22 auf der Oberfläche 16a des zweiten Abstandhalters 16 gebildet, der die Festpolymerelektrolytmembran 1 aufnimmt und entspricht dem hervortretenden Teil 18a der Festpolymerelektrolytmembran 18. Das flüssige Dichtmittel S wird in die Vertiefung 28 gegeben. Desweiteren umgibt die Vertiefung 30 die Brenngasseiteneinlassöffnung 36a, die Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a, die Kühlmediumseiteneinlassöffnung 40a, die Kühlmediumseitenauslassöffnung 40b, die Brenngasseitenauslassöffnung 36b und die Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38b, die sich auf der Oberfläche 16a des zweiten Abstandhalters 16 befinden. Das flüssige Dichtmittel S wird in die Vertiefungen 30 gegeben. Die Vertiefungen 30 um die Kühlmediumseiteneinlassöffnung 40a und die Kühlmediumseitenauslassöffnung 40b, umgeben die ersten und zweiten Kühlmediumverbindungsdurchtritte 76 und 78.

[0100] Wie in Fig. 1 gezeigt, werden die Vertiefungen 28 und 30 gegenüber der Kathodenelektrode 20 auf der Oberfläche 14a des ersten Abstandhalters 14, der die Brennstoffzellenuntereinheit 12 mit dem zweiten Abstandhalter 16 aufnimmt, gebildet und entsprechen den Vertiefungen 28 und 30 auf dem zweiten Abstandhalter 16. Das flüssige Dichtmittel S wird in diese Vertiefungen 28 und 30 gegeben. Wie in den Fig. 2 und 6 gezeigt, wird das flüssige Dichtmittel S in die Vertiefungen 28 und 30 der ersten und zweiten Abstandhalter 14 und 16, welche die Brennstoffzellenuntereinheit 12 aufnehmen, gegeben. Das flüssige Dichtmittel S in den Vertiefungen 28 kommt mit beiden Seiten des hervortretenden Teiles 18a in Kontakt, wodurch der Rand der Brennstoffzellenuntereinheit 12 abgedichtet wird. Das flüssige Dichtmittel S in einer Vertiefung 30 kommt mit dem flüssigen Dichtmittel S in der anderen Vertiefung 30 in Kontakt, wodurch der Rand der Öffnungen 36a, 36b, 38a, 38b, 40a und 40b abgedichtet wird.

[0101] Wie in Fig. 5 gezeigt, umgibt gegenüber der Oberfläche 14b des ersten Abstandhalters 14 eine Vertiefung 34 die Abzweigkanäle 74 auf der Oberfläche 16b des zweiten Abstandhalters 16, wenn mehrere Brennstoffzellen gestapelt wer-



den. Das flüssige Dichtmittel S wird in die Vertiefung 34 gegeben. Desweiteren umgibt die Vertiefung 35 die Brenngasseiteneinlassöffnung 36a, die Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a, die Kühlmediumseiteneinlassöffnung 40a, die Kühlmediumseitenauslassöffnung 40b, die Brenngasseitenauslassöffnung 36b und die Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38b. Das flüssige Kühlmedium S wird in die Vertiefungen 35 gegeben.

[0102] Die Vertiefungen 35 um die Brenngasseiteneinlassöffnung 36a und die Brenngasseitenauslassöffnung 36b, umgeben die ersten Brenngasverbindungsdurchtritte 64 und die zweiten Brenngasverbindungsdurchtritte 66. Die Vertiefungen um die Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a und die Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38b, umgeben die Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a und die Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38b auf der Oberfläche 14b des ersten Abstandhalters 14.

[0103] Wenn die Brennstoffzelleneinheiten 10 gestapelt werden, kommt die Oberfläche 14b des ersten Abstandhalters 14 in Kontakt mit der Oberfläche 16b des zweiten Abstandhalters 16. Dann kommt das flüssige Dichtmittel S des zweiten Abstandhalters 16, das um die Brenngasseiteneinlassöffnung 36a, die Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a, die Kühlmediumseiteneinlassöffnung 40a, die Kühlmediumseitenauslassöffnung 40b, die Brenngasseitenauslassöffnung 36b und die Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38b und die Abzweigkanäle 74 angeordnet ist, in Kontakt mit der Oberfläche 14b des ersten Abstandhalters 14 und stellt dadurch die Wasserundurchlässigkeit zwischen dem ersten Abstandhalter 14 und dem zweiten Abstandhalter 16 sicher.

[0104] Das flüssige Dichtmittel S ist hergestellt aus fluorhaltigem, hitzehärtbarem Kunststoff oder hitzehärtbarem Silicium. Das flüssige Dichtmittel S weist eine solche Viskosität auf, dass sich die Querschnittsform des Dichtmittels nicht verändert, nachdem es in die Vertiefungen gegeben wurde und härtet zu einem festen Dichtmittel aus, während ein gewisses Mass an Elastizität beibehalten wird, sogar nachdem die Abdichtung gebildet wurde. Das Dichtmittel kann klebend oder nicht-klebend sein. Vorzugsweise ist dasjenige flüssige Dichtmittel S, das zwischen auswechselbaren Teilen, wie die Oberfläche 14b des ersten Abstandhalters 14 und die Oberfläche 16b des zweiten Abstandhalters 16, verwendet wird, nicht-klebend. Im Besonderen beträgt der Durchmesser des aufgetragenen flüssigen Dichtmittels S 0,6 mm und die Belastung auf das Dichtmittel ist 0,5 bis 2 N/mm (wenn sie unter 0,5 N/mm ist, wird die Abdichtungswirkung verringert und wenn sie über 2 N/mm ist, verliert die Abdichtung an Elastizität). Die Breiten der Vertiefungen 28, 30, 34 und 35 betragen 2 mm und ihre Tiefen betragen 0,2 mm. Das in die Vertiefungen 28, 30, 34 und 35 gegebene flüssige Dichtmittel S wird so zusammengedrückt, dass die Querschnittsfläche der Abdichtung vergrößert wird, wodurch Unterschiede in den Grössen der Abdichtungsbereiche ausgeglichen werden und ein stetiger Kontakt mit den Abdichtungsbereichen hergestellt wird.

[0105] Mehr besonders, wie in Fig. 8 gezeigt, kommt das flüssige Dichtmittel S' in engen Kontakt mit der Festpolymerelektrolytmembran 18. Wenn das feste Dichtmittel S' auf die Festpolymerelektrolytmembran 18 gedrückt wird und zusammengedrückt wird, könnte sich die Abdichtung aufgrund der Unebenheit des Dichtmittels S' zerlegen, weil die Festpolymerelektrolytmembran 18 nicht gleichmässig in horizontaler Richtung gleitet. Das zusammengedrückte Dichtmittel S, verursacht jedoch keine Unebenheit in der Festpolymerelektrolytmembran 18. Das flüssige Dichtmittel S wird gemäss den Falten der Festpolymerelektrolytmembran 18 unterschiedlich gedrückt und schafft eine zuverlässige Abdichtung.

[0106] Das Verfahren zur Herstellung der Brennstoffzelleneinheit 10 wird mit Bezugnahme auf die Fig. 9 bis 16 erläutert. Wie in Fig. 9 gezeigt, wird das flüssige Dichtmittel S in die Vertiefungen 28 und 30 auf der Oberfläche 14a des ersten Abstandhalters 14 und in die Vertiefungen 28 und 30 des zweiten Abstandhalters 16 gegeben. Nach der Auftragung des flüssigen Dichtmittels S, werden die ersten und zweiten Abstandhalter 14 und 16 in einem Lagerregal 80, das in Fig. 10 gezeigt ist, für den Transport und die Lagerung aufbewahrt. Wie in Fig. 11 gezeigt, nimmt dann der erste Abstandhalter 14 und der zweite Abstandhalter 16 die zusammengesetzte Brennstoffzellenuntereinheit 12 dazwischen auf. Diese Teile werden zwischen zwei Druckvorrichtungen 82 eingesetzt. Die untere Druckvorrichtung 82 ist in der vertikalen Richtung verschiebbar mittels einer automatischen Hebevorrichtung 84.

[0107] Die Halterungen 86 halten die Kanten der Brennstoffzellenuntereinheit 12 und stellen die Positionen des ersten Abstandhalters 14 und des zweiten Abstandhalters 16 in horizontaler Richtung ein.

[0108] Dann wird die untere Druckvorrichtung 82 angehoben, so dass die Brennstoffzellenuntereinheit 12 zwischen dem ersten Abstandhalter 14 und dem zweiten Abstandhalter 16 aufgenommen wird, während das flüssige Dichtmittel S in den Vertiefungen 28 in engen Kontakt mit dem hervortretenden Teil 18a der Festpolymerelektrolytmembran 18 kommt. Zu diesem Zeitpunkt kommt das flüssige Dichtmittel S dann in eine Vertiefung 30 in engen Kontakt mit dem Dichtmittel S in der anderen Vertiefung 30, wodurch die Reaktionsfläche und der Rand der Brenngasseiteneinlassöffnung 36a, der Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a, der Kühlmediumseiteneinlassöffnung 40a, der Kühlmediumseitenauslassöffnung 40b, der Brenngasseitenauslassöffnung 36b und der Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38b abgedichtet wird.

[0109] Wie in Fig. 12 gezeigt, wird dann die Brennstoffzellenuntereinheit 12, die zwischen dem ersten Abstandhalter 14 und dem zweiten Abstandhalter 16 aufgenommen wird, mit den Druckvorrichtungen 82 durch einen Ofen 88 erhitzt, um das flüssige Dichtmittel S auszuhärten. Wie in Fig. 13 gezeigt, wurden dann die Brennstoffzellenuntereinheit 12, der erste Abstandhalter 14 und der zweite Abstandhalter 16 aus den Druckvorrichtungen 80 herausgenommen und abgekühlt. Wie in Fig. 14 gezeigt, wurde das flüssige Dichtmittel S dann in die Vertiefungen 34 und 35 auf der Oberfläche 16b des zweiten Abstandhalters 16 der Brennstoffzelleneinheit 10 gegeben. Wie in Fig. 15 gezeigt, wurde dann die Oberfläche 14b des ersten Abstandhalters 14 einer anderen Brennstoffzelleneinheit 10 auf die Oberfläche 16b dieses Abstandhalters 16 gestapelt. Einige Brennstoffzelleneinheiten 10 werden nacheinander auf die Endplatte 90 des Brennstoffzellenstapels gestapelt. Wenn eine vorher festgelegte Anzahl von Brennstoffzelleneinheiten 10 aufeinander gestapelt wurden, wurde durch das Anziehen der Bolzen 92 eine andere Endplatte befestigt. Somit wurde der Brennstoffzellenstapel hergestellt.

[0110] Die Wirkungsweise der Brennstoffzelle der ersten Ausführungsform wird nun unten beschrieben.

[0111] Das Brenngas, beispielsweise ein Gas, das Wasserstoff enthält, der durch Reformierung eines Kohlenwasserstoffes erhalten wurde, wird einer Brennstoffzelleneinheit 10 zugeführt, während das Oxidationsgas, beispielsweise Luft oder ein Gas, das Sauerstoff enthält (im Folgenden einfach als Luft bezeichnet), der Brennstoffzelle zugeführt wird. Des-

weiteren wird das Kühlmedium zugeführt, um die elektrisch aktiven Oberflächen abzukühlen. Wie in Fig. 2 gezeigt, wird das Brenngas der Brenngasseiteneinlassöffnung 36a zugeführt, strömt von der Oberfläche 16b durch die ersten Brenngasverbindungsdurchtritte 64 zu der Oberfläche 16a und erreicht die ersten Brenngaskanäle 60 auf der Oberfläche 16a. [0112] Das Brenngas, das den ersten Brenngaskanälen 60 zugeführt wurde, strömt horizontal, während es sich in Richtung der Erdanziehung vertikal nach unten durchschlängelt, auf die Oberfläche 16a des zweiten Abstandhalters 16. Während dieser Wanderung wird das Wasserstoffgas im Brenngas durch die zweite Gasdiffusionsschicht 26 der Anodenseitenelektrode 22 der Brennstoffzellenuntereinheit 12 zugeführt. Das Brenngas bewegt sich durch die ersten Brenngaskanäle 60 zu der Anodenseitenelektrode 22. Das Brenngas wird durch die zweiten Brenngaskanäle 62 in den zweiten Brenngasverbindungsdurchtritt 66 eingeleitet, erreicht die Oberfläche 16b und wird durch die in Fig. 1 gezeigte Brenngasseitenauslassöffnung 16b entnommen.

[0113] Die Luft, die der Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a in dem Brennstoffzellenstapel 10 zugeführt wurde, wird durch die ersten Oxidationsgasverbindungsdurchtritte 46, die mit der Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a des ersten Abstandhalters 14 in Verbindung stehen, in die ersten Oxidationsgaskanäle 42 eingeleitet. Während die Luft, die den ersten Oxidationsgaskanälen 42 zugeführt wurde, sich horizontal bewegt, während sie sich in Richtung der Erdanziehung vertikal nach unten durchschlängelt, wird das sauerstoffhaltige Gas in der Luft durch die erste Gasdiffusionsschicht 24 der Kathodenseitenelektrode 20 zugeführt. Andererseits wird das Gas, das bis jetzt noch nicht verbraucht wurde, durch die in Fig. 1 gezeigten zweiten Oxidationsgaskanäle 44, zweiten Oxidationsgasverbindungsdurchtritte 48 und Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38b entnommen. Folglich wird die elektrische Energie in der Brennstoffzellen-einheit 10 erzeugt und wird einem Motor, der nicht gezeigt ist, zugeführt.

[0114] Desweiteren wird das Kühlmedium, das der Brennstoffzelleneinheit 10 zugeführt wird, in die in Fig. 1 gezeigte Kühlmediumseiteneinlassöffnung 40a eingeleitet und wird durch die ersten Kühlmediumverbindungsdurchtritte 76 des zweiten Abstandhalters 16 den Hauptkanälen 72a auf der Oberfläche 16b, wie in Fig. 5 gezeigt, zugeführt. Das Kühlmedium läuft durch mehrere Abzweigkanälen 74, die von den Hauptkanälen 72a abzweigen, während es die elektrisch aktive Oberfläche der Brennstoffzellenuntereinheit 12 kühlt und erreicht die Hauptkanäle 72b. Dann wird das gebrauchte Kühlmedium durch die zweiten Kühlmediumverbindungsdurchtritte 78 und der Kühlmediumseitenauslassöffnung 40b entnommen.

[0115] Gemäss der obigen Ausführungsform, kommt das flüssige Dichtmittel S in direkten Kontakt mit dem hervortretenden Teil 18a, der am Rand der Festpolymerelektrolytmembran 18 bereitgestellt wird, wird zwischen der Festpolymerelektrolytmembran 18 und den ersten und zweiten Abstandhaltern 14 und 16 zusammengedrückt, passt sich an die verschiedenen Grössen der Abdichtungsquerschnitte an und hält die Gasundurchlässigkeit zwischen der Festpolymerelektrolytmembran 18 und den ersten und zweiten Abstandhaltern 14 und 16 aufrecht, während ein gleichmässiger Druck auf die Vertiefungen 28, 30, 34 und 35 beibehalten wird. Deswegen ist die Reaktionskraft, die durch die Abdichtung hervorgerufen wird, über den gesamten Rand zwischen den ersten und zweiten Abstandhaltern 14 und 16 und der Brennstoffzellenuntereinheit 12 einheitlich, wodurch die Abdichtung einheitlich gemacht wird.

[0116] Insbesondere ist die Anpassung des flüssigen Dichtmittels S an die verschiedenen Grössen der Abdichtungsquerschnitte zufriedenstellend. Deswegen müssen die Herstellungsgrössen des ersten Abstandhalters 14, des zweiten Abstandhalters 16 und der Brennstoffzellenuntereinheit 12 in Bezug auf die Dicke nicht genau kontrolliert werden. Die Handhabung der Genauigkeit bezüglich der Grösse ist einfach und die Herstellungskosten können reduziert werden.

[0117] Desweiteren hält das flüssige Dichtmittel, das in die Vertiefungen des ersten Abstandhalters 14 und des zweiten Abstandhalters 16 gegeben wurde, eine gleichmässige Breite innerhalb der Vertiefungen 28 aufrecht, während es in engen Kontakt mit dem hervortretenden Teil 18a der Festpolymerelektrolytmembran 18 kommt und entsprechend den Grössen der Abdichtungsbereiche zusammengedrückt wird. Folglich kann die Gasundurchlässigkeit durch das Aufnehmen der Brennstoffzellenuntereinheit 12 durch den ersten Abstandhalter 14 und den zweiten Abstandhalter 16 einfach erreicht werden. Das heisst, dass die elastische Verformung auch grösser ist, weil der Querschnittsbereich des flüssigen Dichtmittels S innerhalb der Vertiefungen 28 grösser ist als in dem Fall, in dem die Vertiefungen 28 nicht bereitgestellt werden. Da eine ausreichende Verformung auftritt, wird die Abdichtung verbessert.

[0118] Das flüssige Dichtmittel S gleicht die Unterschiede in den Grössen der Abdichtungsbereiche zwischen den ersten und zweiten Abstandhaltern 14 und 16 und dem hervortretenden Teil 18a der Festpolymerelektrolytmembran 18 aus und verhindert dadurch, dass Partialkräfte auf die Abstandhalter 14 und 16 einwirken. Deshalb können die Abstandhalter 14 und 16 dünn sein, die Brennstoffzelle kann leicht sein und die Grösse der Brennstoffzelle kann vermindert werden. Die erfindungsgemässe Brennstoffzelle ist geeignet für ein Vehikel, in dem der Raum für die Brennstoffzelle begrenzt ist und in welchem es für die Abstandhalter 14 und 16 erwünscht ist, so dünn wie möglich zu sein.

[0119] Weil das flüssige Dichtmittel S in direkten Kontakt mit der Polymerelektrolytmembran 18 kommt, kann die Anzahl der Teile und die Anzahl der Montageschritte im Vergleich zu dem Fall, in dem ein Rahmen an den Rand der Brennstoffzellenuntereinheit 12 angebracht wird, vorteilhaft vermindert werden. Die Oberflächendrücke des flüssigen Dichtmittels S auf die Festpolymerelektrolytmembran 18 sind einheitlich und deshalb ist die Kraft, die auf die Festpolymerelektrolytmembran 18 einwirkt, nicht partiell. Selbst wenn die Festpolymerelektrolytmembran 18 Falten entwickelt, kann das flüssige Dichtmittel dementsprechend zusammengedrückt werden und verhindert deshalb die Falten auf der Festpolymerelektrolytmembran 18.

[0120] Das flüssige Dichtmittel S, das in die Vertiefungen 28, 30, 34 und 35 gegeben wurde, wird zusammengedrückt und die Querschnittsbereiche davon sind entsprechend den Formen der Vertiefungen vergrössert. Deshalb können die Unterschiede im Oberflächendruck in Bezug auf das Ausmass der Verformungen des flüssigen Dichtmittels S vermindert werden. Die Spannungsunterschiede zwischen dem flüssigen Dichtmittel S aufgrund der unterschiedlichen Grössen der Abdichtungsbereiche können nämlich vermindert werden.

#### Zweite Ausführungsform

[0121] Als nächstes wird die zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezugnahme auf die Zeichnung



gen erläutert. Die Struktur der Brennstoffzelle der zweiten Ausführungsform ist ähnlich zu derjenigen der ersten Ausführungsform und deshalb werden hauptsächlich die Unterschiede besprochen.

[0122] Das flüssige Dichtmittel S besteht aus einem fluorhaltigen, hitzehärtbaren Kunststoff oder einem hitzehärtbarem Silicium. Das flüssige Dichtmittel S weist eine solche Viskosität (im Bereich von 1000 bis 9000 Pa · s, zum Beispiel 5000 Pa · s) auf, dass die Querschnittsform des Dichtmittels sich nicht verändert, nachdem es in die Vertiefungen gegeben wurde und aushärtete, während es ein gewisses Mass an Elastizität beibehält, sogar nachdem die Abdichtung gebildet worden ist. Das Dichtmittel kann klebend oder nicht-klebend sein. Wenn die Viskosität unter 1000 Pa · s liegt, können die Formen der aufgetragenen flüssigen Abdichtungen nicht aufrechterhalten werden, während, wenn die Viskosität über 9000 Pa · s liegt, die Viskosität so hoch ist, dass die Dichtmittel nicht aufgetragen werden können.

[0123] Vorzugsweise ist das flüssige Dichtmittel, das zwischen auswechselbaren Teilen, wie der Oberfläche 14b des ersten Abstandhalters 14 und der Oberfläche 16b des zweiten Abstandhalters 16, angeordnet ist, nicht-klebend. Insbesondere beträgt der Durchmesser des aufgetragenen flüssigen Dichtmittels S 0,2 bis 6 mm und beträgt vorzugsweise 0,4 bis 4 mm, beispielsweise 0,6 mm. Die Belastung auf das Dichtmittel ist 0,5 bis 2 N/mm (wenn sie unter 0,5 N/mm ist, wird die Abdichtungswirkung verringert und wenn sie über 2 N/mm ist, verliert die Abdichtung an Elastizität). Deshalb wird der Durchmesser des aufgetragenen Dichtmittels wie oben beschrieben eingestellt, weil das flüssige Dichtmittel S wegen der hohen Viskosität unterbrochen werden könnte, wenn der Durchmesser unter 0,2 mm ist und weil die benötigte Kraft, um die aufeinandergestapelten Abstandhalter zu binden zu hoch ist, wenn er über 6 mm ist.

[0124] Die Breiten der Vertiefungen 28, 30, 34 und 35 betragen 2 mm und ihre Tiefen betragen 0,2 mm. Das in die Vertiefungen 28, 30, 34 und 35 gegebene flüssige Dichtmittel S wird so zusammengedrückt, dass die Querschnittsfläche des Dichtmittels vergrößert wird, wodurch Unterschiede in den Grössen der Abdichtungsbereiche ausgeglichen werden und ein stetiger Kontakt mit den Abdichtungsbereichen hergestellt wird.

[0125] Wie in Fig. 18 gezeigt, weist das flüssige Dichtmittel S, das in engen Kontakt mit dem hervortretenden Teil 18a der Festpolymerelektrolytmembran 18 kommt, eine runde Form mit dem Durchmesser C (= 0,6 mm) auf. Wenn die Brennstoffzellenuntereinheit 12, wie in Fig. 19 gezeigt, zwischen den ersten und zweiten Abstandhaltern 14 und 16 aufgenommen wird, wird das flüssige Dichtmittel zusammengedrückt und die gedrückten Bereiche kommen in engen Kontakt mit dem gesamten Bereich des hervortretenden Teils 18a der Festpolymerelektrolytmembran 18.

[0126] Wenn der Kontakt des flüssigen Dichtmittels S nicht eng genug ist, muss der hervortretende Teil 18a grösser sein und vergrößert die Zusatzfläche der Festpolymerelektrolytmembran 18, welche nicht zu der Reaktion beiträgt, wodurch die Kosten erhöht werden. Wenn der Kontakt des flüssigen Dichtmittels S zu eng ist, ist die Abdichtung ungenügend.

[0127] In der Ausführungsform wird die Breite e des hervortretenden Teiles 18a auf  $3/2 \times C$  eingestellt, wenn der Durchmesser des aufgetragenen Dichtmittels S C ist, wodurch die Abdichtung sichergestellt wird.

[0128] Das Experiment wurde durchgeführt, um die Abdichtungswirkung unter Verwendung von Teststücken für die Gasabdichtung zu zeigen. Wie in Fig. 19 gezeigt, ist im Experiment der Durchmesser des aufgetragenen flüssigen Dichtmittels S C (= 0,6 mm), was den minimalen Durchmesser darstellt, um das flüssige Dichtmittel S aufzutragen, die Tiefe der Vertiefung 28d und die Breite der Kathodenelektrode 20 und der ersten Diffusionsschicht 24b (was das Gleiche ist, wie die Breite der Anodenseite). Im Experiment wurden die Längen von b + d variiert. Das flüssige Dichtmittel S ist weiter ein fluorhaltiger, hitzehärtbarer Kunststoff mit einer Viskosität von 5000 Pa · s.

[0129] Wie in Fig. 20 gezeigt, wird das flüssige Dichtmittel S des fluorhaltigen, hitzehärtbaren Kunststoffes mit dem Durchmesser von 0,6 mm direkt auf die Oberflächen eines Gerätes aufgetragen, das eine Platte f, hergestellt aus rostfreiem Stahl (SUS316) und eine Platte i, hergestellt aus rostfreiem Stahl (SUS316), die eine Öffnung, um ein Gas unter Druck zu setzen, aufweist, umfasst. Wie in Fig. 21 gezeigt, wird dann die Festpolymerelektrolytmembran 18, die eine Öffnung in ihrer Mitte aufweist, zwischen den aufgetragenen flüssigen Dichtmitteln S aufgenommen und die Abstandsstücke g (Folien oder Stahlplatten) werden zur Einstellung des Raumes (entsprechend zu b + d) auch in den Rand des Gerätes eingesetzt. Dann wird das flüssige Dichtmittel S für zwei Stunden bei 150°C erhitzt, so dass es zu einem festen Dichtmittel (feste Abdichtung) aushärtet.

[0130] Dann wurden, wie in Fig. 22 gezeigt, die Abstandsstücke g entfernt, nachdem das flüssige Dichtungsmittel S ausgehärtet war. Die Belastung von 1 N/mm wird dann an das Dichtmittel angelegt und das Teststück wird durch Bolzen j befestigt, während die Belastung beibehalten wird. Dann wird das Teststück mit einer Röhrenleitung von einer Heliumdruckgasflasche HB bei Raumtemperatur unter einer atmosphärischen Bedingung verbunden und wird mit einem Gasdruck von 200 kPa unter Druck gesetzt. Das Austreten des Gases wird durch ein Durchflussmessgerät F gemessen.

[0131] Die Festpolymerelektrolytmembran 18 weist eine äussere Abmessung von 420 × 420 mm, eine Öffnung mit einem Innendurchmesser von 300 × 300 mm und eine Dicke von 50 µm auf und ist aus Perfluorsulfonsäurepolymer hergestellt.

[0132] Das Austreten von Gas, wenn die in Fig. 19 gezeigte Breite E des Kontaktes des flüssigen Dichtmittels S durch Verändern der Dicke (µm) des Abstandsstücks g verändert wird, ist in Tabelle 1 gezeigt.

TABELLE 1

Eine Seite des Raumes (Abstands- stückdicke g) ( $\mu\text{m}$ )	Breite des Kontaktes zwischen Dichtmittel und Membran (mm)	Gasaustritt (cc/min)
60	4,7	0
110	2,5	0
160	1,8	0
210	1,3	0
260	1,1	0
310	0,9	0
360	0,8	3
410	0,7	8

[0133] Gemäss den Ergebnissen des Experiments ist der Gasaustritt Null, wenn die Breite E des Kontaktes des flüssigen Dichtmittels S gleich oder grösser als 0,9 mm ist, was wenigstens  $3/2$  des Durchmessers des aufgetragenen flüssigen Dichtmittels S darstellt. Deshalb sollte die Breite e (der minimale Wert  $e = E$ ) des hervortretenden Teiles 18a der Festpolymerelektrolytmembran 18 so eingestellt werden, dass das flüssige Dichtmittel S die Breite E des Kontaktes aufweist.

[0134] In dem Herstellungsverfahren wird das flüssige Dichtmittel S mit dem Durchmesser C in die Vertiefungen 28 in den Rändern des ersten Abstandhalters 14 und des zweiten Abstandhalters 16 gegeben. Das flüssige Dichtmittel S, das noch nicht hart wurde, kommt in engen Kontakt mit dem hervortretenden Teil 18a (mit der Breite e) der Festpolymerelektrolytmembran 18, während die Brennstoffzellenuntereinheit 12 zwischen den Abstandhaltern 14 und 16 aufgenommen wird. Das flüssige Dichtmittel S wird zwischen den Abstandhaltern 14 und 16 so zusammengedrückt, dass die Breite E des Kontaktes des flüssigen Dichtmittels S mit der Festpolymerelektrolytmembran 18 gleich oder grösser als  $3/2$  des Durchmessers C des aufgetragenen flüssigen Dichtmittels S wird. Dann werden die Brennstoffzellenuntereinheit 12, der erste Abstandhalter 14 und der zweite Abstandhalter 16 erhitzt, um das flüssige Dichtmittel S auszuhärten. Die Breite E des Kontaktes des flüssigen Dichtmittels S kann durch das Einsetzen der Abstandsstücke zwischen den Abstandhaltern 14 und 16 eingestellt werden. Dieses Verfahren kann die Breite E des Kontaktes des flüssigen Dichtmittels S geeignet anpassen, wodurch der Herstellungsprozess vereinfacht wird.

[0135] Desweiteren ist die Breite e des hervortretenden Teiles 18a der Festpolymerelektrolytmembran 18, mit der das flüssige Dichtmittel in Kontakt kommt, passend zu dem Durchmesser C des aufgetragenen flüssigen Dichtmittels S und dadurch wird die Abdichtung zuverlässig, während der hervortretende Teil 18a minimal ist.

[0136] Desweiteren erreicht die zweite Ausführungsform die gleichen Effekte wie die erste Ausführungsform.

### Dritte Ausführungsform

[0137] Als nächstes wird nun die dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert.

[0138] Die Struktur der Brennstoffzelle der dritten Ausführungsform ist ähnlich zu derjenigen der ersten Ausführungsform und deshalb werden hauptsächlich die Unterschiede besprochen.

[0139] Wie in Fig. 28 gezeigt, wird eine Vertiefung 28 gegenüber der Anodenelektrode 22 auf der Oberfläche 16a des zweiten Abstandhalters 16 gebildet, der die Festpolymerelektrolytmembran 18 aufnimmt und entspricht dem hervortretenden Teil 18a der Festpolymerelektrolytmembran 18. Das flüssige Dichtmittel SA wird in die Vertiefungen 28 gegeben. Wie in Fig. 26 gezeigt, umgeben die Vertiefungen 30 die Brenngasseiteneinlassöffnung 36a, die Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a, die Kühlmediumseiteneinlassöffnung 40a, die Kühlmediumseitenauslassöffnung 40b, die Brenngasseitenauslassöffnung 36b und die Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38b, die sich auf der Oberfläche 16a des zweiten Abstandhalters 16 befinden. Das flüssige Dichtmittel SA1 wird in die Vertiefungen 30 gegeben. Die Vertiefungen 30 um die Kühlmediumseiteneinlassöffnung 40a und die Kühlmediumseitenauslassöffnung 40b, umgeben die ersten und zweiten Kühlmediumverbindungsdurchtritte 76 und 78.

[0140] Wie in Fig. 23 gezeigt, werden die Vertiefungen 28 und 30 gegenüber der Kathodenelektrode 20 auf der Ober-

fläche 14a des ersten Abstandhalters 14, der die Brennstoffzellenuntereinheit 12 mit dem zweiten Abstandhalter 16 aufnimmt und entsprechen den Vertiefungen 28 und 30 auf dem zweiten Abstandhalter 16. Das flüssige Dichtmittel SA wird in die Vertiefung 28 gegeben und das flüssige Dichtmittel SA1 wird in die Vertiefungen 30 gegeben.

[0141] Wie in den Fig. 24, 28 und 29 gezeigt, wird das flüssige Dichtmittel SA in die Vertiefungen 28 der ersten und zweiten Abstandhalter 14 und 16, welche die Brennstoffzellenuntereinheit 12 aufnehmen, gegeben und das flüssige Dichtmittel SA1 wird in die Vertiefungen 30 gegeben. Das flüssige Dichtmittel SA in den Vertiefungen 28 nimmt den hervortretenden Teil 18a auf und kommt mit beiden Seiten des hervortretenden Teiles 18a in direkten Kontakt, wodurch der Rand der Brennstoffzellenuntereinheit 12 abdichtet wird. Das flüssige Dichtmittel SA1 in einer Vertiefung 30 kommt mit dem flüssigen Dichtmittel SA1 in der anderen Vertiefung 30 in Kontakt, wodurch der Rand der Öffnungen 36a, 36b, 38a, 38b, 40a und 40b abdichtet wird. In der Fig. 28 wird das flüssige Dichtmittel SA oder SA1 zusammengepresst.

[0142] Wie in Fig. 27 gezeigt, umgibt gegenüber der Oberfläche 14b des ersten Abstandhalters 14 eine Vertiefung 34 die Abzweigkanäle 74 auf der Oberfläche 16b des zweiten Abstandhalters 16, wenn mehrere Brennstoffzellen gestapelt werden. Das flüssige Dichtmittel SA wird in die Vertiefung 34 gegeben. Desweiteren umgeben die Vertiefungen 35 die Brenngasseiteneinlassöffnung 36a, die Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a, die Kühlmediumseiteneinlassöffnung 40a, die Kühlmediumseitenauslassöffnung 40b, die Brenngasseitenauslassöffnung 36b und die Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38b. Das flüssige Kühlmedium SA1 wird in die Vertiefungen 35 gegeben.

[0143] Die Vertiefungen 35 um die Brenngasseiteneinlassöffnung 36a und die Brenngasseitenauslassöffnung 36b, umgeben die ersten Brenngasverbindungsdurchtritte 64 und die zweiten Brenngasverbindungsdurchtritte 66. Die Vertiefungen 35 um die Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a und die Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38b, umgeben die Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a und die Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38b auf der Oberfläche 14b des ersten Abstandhalters 14.

[0144] Wenn die Brennstoffzelleneinheiten 10 gestapelt werden, liegen die Oberfläche 14b des ersten Abstandhalters 14 und die Oberfläche 16b des zweiten Abstandhalters 16 übereinander. Dann kommt das flüssige Dichtmittel SA und das flüssige Dichtmittel SA1 des zweiten Abstandhalters 16, die um die Brenngasseiteneinlassöffnung 36a, die Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a, die Kühlmediumseiteneinlassöffnung 40a, die Kühlmediumseitenauslassöffnung 40b, die Brenngasseitenauslassöffnung 36b und die Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38b und die Abzweigkanäle 74 angeordnet sind, in Kontakt mit der Oberfläche 14b des ersten Abstandhalters 14 und stellt dadurch die Wasserundurchlässigkeit zwischen dem ersten Abstandhalter 14 und dem zweiten Abstandhalter 16 sicher.

[0145] Das flüssige Dichtmittel SA und das flüssige Dichtmittel SA1 sind aus einem fluorhaltigen, hitzehärtbaren Kunststoff oder einem hitzehärtbaren Silicium hergestellt. Das flüssige Dichtmittel SA und das flüssige Dichtmittel SA1 weisen eine solche Viskosität auf, dass sich die Querschnittsform des Dichtmittels nicht verändert, nachdem sie in die Vertiefungen gegeben wurden und erhärten zu einem festen Dichtmittel, während sie ein gewisses Mass an Elastizität beibehalten, sogar nachdem die Abdichtung gebildet wurde. Das Dichtmittel kann klebend oder nicht-klebend sein. Vorzugsweise sind das flüssige Dichtmittel SA und das flüssige Dichtmittel SA1, die zwischen den austauschbaren Teilen, wie der Oberfläche 14b des ersten Abstandhalters 14 und der Oberfläche 16b des zweiten Abstandhalters 16, angeordnet sind, nicht-klebend. Insbesondere betragen die Durchmesser des aufgetragenen flüssigen Dichtmittels SA und flüssigen Dichtmittels SA1 0,6 mm und die Belastung auf die Dichtmittel ist 0,5 bis 2 N/mm (wenn sie unter 0,5 N/mm ist, wird die Abdichtungswirkung verringert und wenn sie über 2 N/mm ist, verliert die Abdichtung an Elastizität). Die Breiten der Vertiefungen 28, 30, 34 und 35 betragen 2 mm und ihre Tiefen betragen 0,2 mm. Das in die Vertiefungen 28, 30, 34 und 35 gegebene flüssige Dichtmittel SA und flüssige Dichtmittel SA1 werden so zusammengedrückt, dass ihre Querschnittsflächen vergrößert werden, wodurch Unterschiede in den Größen der Abdichtungsbereiche ausgeglichen werden und ein stetiger Kontakt mit den Abdichtungsbereichen hergestellt wird.

[0146] In dem Herstellungsverfahren wird das flüssige Dichtmittel SA in die Vertiefungen 28, die in den Ränder des ersten Abstandhalters 14 und des zweiten Abstandhalters 16 gebildet werden, gegeben. Das flüssige Dichtmittel SA, das noch nicht aushärtete, kommt in Kontakt mit dem hervortretenden Teil 18a der Festpolymerelektrolytmembran 18. Das flüssige Dichtmittel SA1 wird in die Vertiefungen um die Brenngasseiteneinlassöffnung 36a, der Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a, der Kühlmediumseiteneinlassöffnung 40a, der Kühlmediumseitenauslassöffnung 40b, der Brenngasseitenauslassöffnung 36b und der Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38b gegeben. Das flüssige Dichtmittel SA1 in einer Vertiefung 30 kommt mit dem flüssigen Dichtmittel SA1 in der anderen Vertiefung 30 so in Kontakt, dass die Brennstoffzellenuntereinheit 12 zwischen den Abstandhaltern 14 und 16 aufgenommen wird und wird dann mit den Druckvorrichtungen 82 erhitzt, um das flüssige Dichtmittel SA und das flüssige Dichtmittel SA1 auszuhärten.

[0147] Durch den einfachen Vorgang des Auftragens von flüssigem Dichtmittel SA1, werden die Ränder der Öffnungen 36a, 36b, 38a, 38b, 40a und 40b abdichtet, während die Anzahl der Teile und die Anzahl der Montageschritte vorteilhaft vermindert werden, wodurch das Herstellungsverfahren vereinfacht wird.

[0148] Das Experiment 2 wurde durchgeführt, um die Abdichtungswirkung unter Verwendung von Teststücken für die Gasabdichtung zu zeigen. Wie in Fig. 30 gezeigt, war im Experiment der Durchmesser des flüssigen Dichtmittels SA 0,6 mm, was den minimalen Durchmesser darstellt, um das flüssige Dichtmittel SA einheitlich anzuwenden, die Tiefe der Vertiefung 28d und die Breite der Kathodenelektrode 20 und der ersten Diffusionsschicht 24b (was das Gleiche ist, wie die Breite der Anodenseite). In dem Experiment wurden die Längen von b + d variiert. Das flüssige Dichtmittel S war weiter ein fluorhaltiger, hitzehärtbarer Kunststoff mit der Viskosität von 5000 Pa · s.

[0149] Wie in Fig. 20 gezeigt, wurde das flüssige Dichtmittel SA1 aus dem fluorhaltigen, hitzehärtbaren Kunststoff mit einem Durchmesser von 0,6 mm direkt auf die jeweiligen Oberflächen eines Gerätes aufgetragen, das eine Platte f, hergestellt aus rostfreiem Stahl (SUS316) und eine Platte i, hergestellt aus rostfreiem Stahl (SUS316), die eine Öffnung, um ein Gas unter Druck zu setzen, aufwies, umfasst. Dann wurden auch die Abstandsstücke g (Folien oder Stahlplatten) zur Einstellung des Raumes (entsprechend zu b + d) eingesetzt. Dann wurde das flüssige Dichtmittel S für zwei Stunden bei 150°C erhitzt, so dass es zu einem festen Dichtmittel aushärtete.

[0150] Dann wurden die Abstandsstücke g entfernt, nachdem das flüssige Dichtungsmittel SA1 ausgehärtet war. Die

Belastung von 1 N/mm wurde dann an das Dichtmittel angelegt und das Teststück wurde durch die Bolzen j befestigt, während die Belastung beibehalten wurde. Dann wurde das Teststück mit einer Röhrenleitung aus einer Heliumdruckgasflasche HB bei Raumtemperatur unter atmosphärischen Bedingungen verbunden und wurde mit einem Gasdruck von 200 kPa unter Druck gesetzt. Das Austreten des Gases wurde durch ein Durchflussmessgerät F gemessen.

5 [0151] Die Platte f weist eine äussere Abmessung von  $500 \times 500 \times 5$  mm, eine Länge des aufgetragenen Dichtmittels SA1 von  $400 \times 400$  mm und einen Druck, um das Dichtmittel aufzutragen, von 500 kPa auf.

[0152] Die Austritte (cc/min) des Gases, wenn die Breite E des Kontaktes des flüssigen Dichtmittels SA, die in Fig. 19 gezeigt ist durch Verändern der Dicke ( $\mu\text{m}$ ) des Abstandsstücks g verändert wurde, sind in Tabelle 2 gezeigt.

TABELLE 2

Eine Seite des Raumes (Abstands- stückdicke g) ( $\mu\text{m}$ )	Gasaustritt (cc/min)
210	0
260	0
310	0

[0153] Gemäss dem in Fig. 31 gezeigten Experiment 3, wurde das flüssige Dichtmittel SA1 mit einem Durchmesser von 0,9 mm, das die gleiche Viskosität aufwies und aus dem selben Material hergestellt wurde, direkt auf die Platte f aus rostfreiem Stahl (SUS316) aufgetragen. Dann wurden die Abstandsstücke g (Folien oder Stahlplatten) zur Einstellung des Raumes zwischen die Platte f und die Platte i, welche die Öffnung, um das Gas unter Druck zu setzen, aufwies, eingesetzt. Das flüssige Dichtmittel SA1 kommt in engen Kontakt mit der Platte i. Dann wurde das flüssige Dichtmittel SA1 für zwei Stunden bei  $150^\circ\text{C}$  erhitzt, so dass es zu einem festen Dichtmittel aushärtete.

[0154] Dann wurden die Abstandsstücke g entfernt, nachdem das flüssige Dichtmittel SA1 aushärtete. Die Belastung von 1 N/mm wurde dann an das Dichtmittel angelegt und das Teststück wurde durch die Bolzen j befestigt, während die Belastung beibehalten wurde. Dann wurde das Teststück mit einer Röhrenleitung aus einer Heliumdruckgasflasche HB bei Raumtemperatur unter atmosphärischen Bedingungen verbunden und wird mit einem Gasdruck von 200 kPa unter Druck gesetzt. Das Austreten des Gases wird durch ein Durchflussmessgerät F gemessen.

[0155] Die Platte f wies eine äussere Abmessung von  $500 \times 500 \times 5$  mm, eine Länge des aufgetragenen flüssigen Dichtmittels SA1 von  $400 \times 400$  mm und einen Druck, um das Dichtmittel aufzutragen, von 500 kPa auf.

[0156] Die Austritte des Gases, wenn die in Fig. 19 gezeigte Breite E des Kontaktes des flüssigen Dichtmittels SA durch Verändern der Dicke ( $\mu\text{m}$ ) des Abstandsstücks g verändert wurde, sind in Tabelle 3 gezeigt.

TABELLE 3

Raum (Abstands- stückdicke g) ( $\mu\text{m}$ )	Gasaustritt (cc/min)
420	0
520	0
620	0

[0157] Der Gasaustritt ist Null, wenn im Experiment 1 das flüssige Dichtmittel SA1 auf die jeweiligen Platten f und i aufgetragen wurde, während der Gasaustritt Null ist, wenn im Experiment 2 das flüssige Dichtmittel SA1 auf eine der Platten f aufgetragen wurde und in Kontakt mit der anderen Platte i kommt. Das heisst, dass die Abdichtung durch das flüssige Dichtmittel SA1 in einer Vertiefung und das flüssige Dichtmittels SA1 in der anderen Vertiefung in den Rändern der Öffnungen 36a, 36b, 38a, 38b, 40a und 40b zwischen der Oberfläche 14a des ersten Abstandhalters 14 und der Oberfläche 16a des zweiten Abstandhalters 16 zuverlässig ist, während die Abdichtung durch das Dichtmittel SA1 nur in einer Vertiefung der Ränder der Öffnungen 36a, 36b, 38a, 38b, 40a und 40b zwischen den Oberflächen 14a des ersten Abstandhalters 14 und der Oberfläche 16a des zweiten Abstandhalters 16 [nicht zuverlässig ist].

[0158] Gemäss der obigen Ausführungsform, kommt das flüssige Dichtmittel SA1 in einer der Vertiefungen 30 in Kontakt mit dem flüssigen Dichtmittel SA1 in den anderen Vertiefungen 30 in den Rändern der Brenngasseiteneinlassöff-

nung 36a, der Oxidationsgasseiteneinlassöffnung 38a, der Kühlmediumseiteneinlassöffnung 40a, der Kühlmediumseitenauslassöffnung 40b, der Brenngasseitenauslassöffnung 36b und der Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38b. Das Dichtmittel SA1 wird zwischen den ersten und zweiten Abstandhaltern 14 und 16 zusammengedrückt, passt sich an die verschiedenen Grössen der Abdichtungsbereiche an und hält die Gasundurchlässigkeit zwischen den Abstandhaltern aufrecht, während ein gleichmässiger Druck auf die Vertiefungen 28, 30, 34 und 35 beibehalten wird. Darum ist die Reaktionskraft, die durch die Abdichtung hervorgerufen wird, einheitlich über die Ränder der Öffnungen 36a, 36b, 38a, 38b, 40a und 40b, wodurch die Abdichtung einheitlich gemacht wird.

[0159] Besonders ist die Anpassung des flüssigen Dichtmittels SA1 an die verschiedenen Grössen der Abdichtungsbereiche zufriedenstellend. Deswegen müssen die Herstellungsdicken des ersten Abstandhalters 14 und des zweiten Abstandhalters 16 nicht genau kontrolliert werden. Die Handhabung der Genauigkeit bezüglich der Grösse ist einfach und die Herstellungskosten können reduziert werden.

[0160] Desweiteren hält das flüssige Dichtmittel SA1, das in die Vertiefungen 30 des ersten Abstandhalters 14 und des zweiten Abstandhalters 16 gegeben wurde, eine gleichmässige Breite innerhalb der Vertiefungen 30 aufrecht, während das flüssige Dichtmittel SA1 in einer Vertiefung in Kontakt mit dem flüssigen Dichtmittel SA1 in den anderen Vertiefungen kommt und entsprechend den Grössen der Abdichtungsbereiche zusammengedrückt wird. Folglich kann die Gasundurchlässigkeit um die Öffnungen 36a, 36b, 38a, 38b, 40a und 40b einfach erreicht werden durch das Aufnehmen der Brennstoffzellenuntereinheit 12 zwischen dem ersten Abstandhalter 14 und dem zweiten Abstandhalter 16.

[0161] Das flüssige Dichtmittel SA gleicht die Unterschiede in den Grössen der Abdichtungsbereiche zwischen den ersten und zweiten Abstandhaltern 14 und 16 aus und verhindert dadurch, dass Partialkräfte auf die Abstandhalter 14 und 16 einwirken. Deshalb können die Abstandhalter 14 und 16 dünn sein, die Brennstoffzelle kann leicht sein und die Grösse der Brennstoffzelle kann vermindert werden. Die erfindungsgemässe Brennstoffzelle ist geeignet für ein Vehikel, in dem der Raum für die Brennstoffzelle begrenzt ist und in welchem es für die Abstandhalter 14 und 16 erwünscht ist, so dünn wie möglich zu sein.

[0162] Desweiteren verwendet die vorliegende Erfindung eine Struktur, die einfach durch in Kontakt bringen des flüssigen Dichtmittels SA1 in einer Vertiefung mit dem flüssigen Dichtmittel SA1 in den anderen Vertiefungen bereitgestellt wird, wodurch die Anzahl der Teile und die Anzahl der Montageschritte, im Vergleich zu der Technik, die Dichtungen verwendet, welche aus einer Anzahl von Teilen zusammengesetzt sind, vermindert wird.

[0163] Gemäss der obigen Ausführungsform, trägt das flüssige Dichtmittel SA auch in einer ähnlichen Art und Weise wie das flüssige Dichtmittel SA1 zu der Abdichtung bei. Das flüssige Dichtmittel SA kommt in direkten Kontakt mit dem hervortretenden Teil 18a, der am Rand der Festpolymerelektrolytmembran 18 bereitgestellt ist, wird zwischen der Festpolymerelektrolytmembran 18 und den ersten und zweiten Abstandhaltern 14 und 16 zusammengedrückt, passt sich an die verschiedenen Grössen der Abdichtungsbereiche an und hält die Gasundurchlässigkeit zwischen der Festpolymerelektrolytmembran 18 und den ersten und zweiten Abstandhaltern 14 und 16 aufrecht, während ein gleichmässiger Druck auf die Vertiefungen 28, 30, 34 und 35 beibehalten wird. Darum ist die Reaktionskraft, die durch die Abdichtung erzeugt wird, einheitlich über den Rand zwischen den ersten und zweiten Abstandhaltern 14 und 16 und der Brennstoffzellenuntereinheit 12, wodurch die Brennstoffzelle einheitlich gemacht wird.

[0164] Die dritte Ausführungsform erzielt die gleichen Effekte wie die der ersten und zweiten Ausführungsformen.

#### Vierte Ausführungsform

[0165] Als nächstes wird nun die vierte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert. Die Struktur der Brennstoffzelle der vierten Ausführungsform ist ähnlich zu derjenigen der ersten und zweiten Ausführungsform und deshalb werden hauptsächlich die Unterschiede besprochen.

[0166] Fig. 33 zeigt einen Brennstoffzellenstapel N der vierten Ausführungsform. Der Brennstoffzellenstapel N beinhaltet einen Stapel von Brennstoffzelleneinheiten 10. Jede Brennstoffzelleneinheit 10 umfasst eine Brennstoffzelle (Membranelektrodenanordnung) 12 und die ersten und zweiten Abstandhalter 14 und 16, um die Brennstoffzelle dazwischen aufzunehmen. Erste und zweite Endplatten 80 und 82 sind an beiden Enden der Brennstoffzelleneinheiten 10 des Brennstoffzellenstapels N angeordnet und sind durch Verbindungsstäbe 84 angezogen und befestigt.

[0167] Die erste Endplatte 80 weist eine Öffnung 94 auf, die in Verbindung mit der Oxidationsgasseitenauslassöffnung 38 steht. Ein Verteilerrohr 98 ist mit der ersten Endplatte 80 verbunden und steht über ein Verbindungsstück 96 mit der Öffnung 94 in Verbindung. Die erste Endplatte 80 weist eine Öffnung 104 auf, die mit der Brenngasseitenauslassöffnung 36b in Verbindung steht. Die Öffnung 104 ist mit einem Verteilerrohr 106 verbunden, das eine ähnliche Struktur aufweist wie das Verteilerrohr 106.

[0168] Obwohl in der vierten Ausführungsform der erste Abstandhalter 14 und der zweite Abstandhalter 16 eine ähnliche Struktur zu derjenigen der dritten Ausführungsform aufweisen, stellt das flüssige Dichtmittel SB ein klebendes Dichtmittel dar und das flüssige Dichtmittel SB1 stellt ein nicht-klebendes Dichtmittel dar.

[0169] Wie in Fig. 37 gezeigt, heisst das, dass das klebende, flüssige Dichtmittel SB in die Vertiefungen 28 in der Oberfläche 16a des zweiten Abstandhalters 16 aufgetragen wird. Das klebende, flüssige Dichtmittel SB wird auch in die Vertiefungen 30 in der Oberfläche 16a des zweiten Abstandhalters 16 aufgetragen. Das flüssige Dichtmittel SB in den Vertiefungen 30 könnte nicht-klebend sein, weil das klebende, flüssige Dichtungsmittel in der Vertiefung 28 den ersten Abstandhalter 14 mit dem zweiten Abstandhalter 16 verbindet. Das klebende, flüssige Dichtmittel SB wird in die Vertiefungen 28 und 30 in der Oberfläche 14a des ersten Abstandhalters 14 aufgetragen. Wie in Fig. 34 gezeigt, wird das klebende, flüssige Dichtmittel SB in die Vertiefungen 28 und 30 in der Oberfläche 14a des ersten Abstandhalters 14 aufgetragen.

[0170] Wie in den Fig. 35, 36 und 39 gezeigt, wurde das flüssige Dichtmittel SB in die Vertiefungen 28 und 30 der ersten und zweiten Abstandhalter 14 und 16, welche die Brennstoffzellenuntereinheit 12 aufnehmen, gegeben. Das flüssige Dichtmittel SB in den Vertiefungen 28 nimmt den hervortretenden Teil 18a auf und kommt in direkten Kontakt mit beiden Seiten des hervortretenden Teils 18a, wodurch der Rand der Brennstoffzellenuntereinheit 12 abgedichtet wird. Das flüssige Dichtmittel SB in einer Vertiefung 30 kommt mit dem flüssigen Dichtmittel SB in der anderen Vertiefung 30 in

Kontakt, wodurch der Rand der Öffnungen 36a, 36b, 38a, 38b, 40a und 40b abgedichtet wird.

[0171] Wie in Fig. 38 gezeigt, wird das nicht-klebende, flüssige Dichtmittel SB1 in die Vertiefung 34 in der Oberfläche 16b des zweiten Abstandhalters 16 gegeben. Das nicht-klebende, flüssige Dichtmittel SB1 wird weiter in die Vertiefungen 35 in der Oberfläche 16b des zweiten Abstandhalters 16 gegeben.

5 [0172] Das flüssige Dichtmittel S oder SB ist aus einem fluorhaltigen hitzehärtbaren Kunststoff oder hitzehärtbarem Silicium hergestellt. Das flüssige Dichtmittel S weist eine solche Viskosität auf, dass die Querschnittsform des Dichtmittels sich nicht verändert, nachdem es in die Vertiefungen gegeben wurde und härtet in festes Dichtmittel aus, während ein gewisses Mass an Elastizität beibehalten wird, sogar nachdem die Abdichtung gebildet wurde. Das klebende, flüssige Dichtmittel SB ist ein fluorhaltiger, hitzehärtbarer Kunststoff mit einer Hydroxylgruppe, die zur Adhäsion beiträgt.

10 [0173] Die Beispiele der Schritte, um die ersten und zweiten Abstandhalter 14 und 16 zu stapeln, werden erläutert. Im Folgenden werden nur die flüssigen Dichtmittel SB und SB1, die in die Vertiefungen 28 und 34 aufgetragen wurden, besprochen, während die Erläuterungen zu dem flüssigen Dichtmittel SB, das in die Vertiefungen 30 gegeben wurde und zu dem flüssigen Dichtmittel SB1, das in die Vertiefungen 35 gegeben wurde, übergangen werden.

[0174] Die runde Querschnittsform des flüssigen Dichtmittels SB oder SB1 weist auf die Beschaffenheit des flüssigen Dichtmittels hin, das verwendet wurde. Die eckige oder hexagonale Querschnittsform des flüssigen Dichtmittels SB oder SB1 weist auf die Beschaffenheit des flüssigen Dichtmittels hin, das zusammengedrückt und ausgehärtet wurde. In den folgenden Erläuterungen schliesst das nicht-klebende Dichtmittel ein schwach klebendes Dichtmittel ein, das später beschrieben wird.

[0175] In dem in Fig. 40 gezeigten ersten Beispiel, wird das flüssige Dichtmittel SB1 in die Vertiefung 34 in der Oberfläche 16b des zweiten Abstandhalters 16 gegeben. Das flüssige Dichtmittel SB1 ist klebend. Ein mit Teflon beschichtetes Gerät R (dargestellt durch gestrichelte Linien) drückt, erhitzt und härtet das flüssige Dichtmittel SB1, das in die Vertiefung 34 gegeben wurde. Eine Seite (Sa) des klebenden, flüssigen Dichtmittels, das hart wurde, adhärirt an die Vertiefung 34 und die Scheradhäsionskraft auf der anderen Seite (Sb) wird vermindert, das heisst, dass es nicht-klebend wird. Die Unterscheidung zwischen dem nicht-klebenden Dichtmittel und dem klebenden Dichtmittel wird durch die Scheradhäsion bestimmt und wird nicht durch die Art des Haftmittels bestimmt.

[0176] Dann wird das flüssige Dichtmittel SB in die Vertiefung 28 des zweiten Abstandhalters 16 aufgetragen und die Brennstoffzellenuntereinheit 12 wird zwischen diesem flüssigen Dichtmittel SB und dem flüssigen Dichtmittel SB in der anderen Vertiefung 28 des ersten Abstandhalters 14 aufgenommen. Während das flüssige Dichtmittel SB folglich die Festpolymerelektrolytmembran hält, wird das flüssige Dichtmittel SB erhitzt, so dass es in ein festes Dichtmittel aushärtet, an diesem Zeitpunkt ist das Zusammenbauen der Brennstoffzelleneinheit 10 abgeschlossen.

[0177] Dieses Beispiel bringt das Verfahren zur Herstellung des Brennstoffzellenstapels N wie folgt zum Ausdruck.

[0178] Die Festpolymerelektrolytmembran 18 wird durch die Anodenseitendiffusionselektrode (die die Anodenelektrode 22 und die zweite Diffusionsschicht 26 umfasst) und die Kathodenseitendiffusionselektrode (die die Kathodenelektrode 20 und die zweite Diffusionsschicht 24 umfasst) aufgenommen, wodurch die Membranelektrodenanordnung (die der Brennstoffzellenuntereinheit 12 entspricht) erzeugt wird. Dann wird die Membranelektrodenanordnung durch ein Paar Abstandhalter 14 und 16 aufgenommen, um die Brennstoffzelleneinheit 10 zu erzeugen. Dann werden eine Anzahl von Brennstoffzelleneinheiten 10 aufeinandergestapelt, um den Brennstoffzellenstapel N zu erzeugen. In diesem Herstellungsverfahren wird das klebende, flüssige Dichtmittel SB1 auf einen vorher festgelegten Bereich (Vertiefung 34) einer der Oberflächen 16b des Abstandhalters aufgetragen. Dann drückt, erhitzt und härtet das Gerät R das klebende, flüssige Dichtmittel in das nicht-klebende, feste Dichtmittel. Dann wird das klebende Dichtmittel SB auf einen vorher festgelegten Bereich (Vertiefung 28) der anderen Oberfläche 16a des Abstandhalters aufgetragen. Dann wird die Membranelektrodenanordnung zwischen diesem klebenden Dichtmittel SB und dem klebenden, flüssigen Dichtmittel, das auf den vorher festgelegten Bereich (Vertiefung 28) der Oberfläche 14a des anderen Abstandhalters aufgetragen wurde, aufgenommen. Dann wird das flüssige Dichtmittel erhitzt und härtet aus. Dann werden die Brennstoffzelleneinheiten 10 aufeinandergestapelt.

[0179] Gemäss dieser Struktur kann der Abstandhalter einer Brennstoffzelleneinheit leicht von dem Abstandhalter der anderen Brennstoffzelleneinheit getrennt werden. Darum kann die Brennstoffzelle leicht abgebaut und wieder aufgebaut werden.

[0180] Das heisst, dass in dem Brennstoffzellenstapel N, der die aufeinandergestapelten Einheiten beinhaltet, das Dichtmittel SB1 des ersten Abstandhalters 14, das durch das Gerät R zusammengedrückt und verfestigt wurde, leicht abgetrennt werden. Wenn eine der Festpolymerelektrolytmembranen 18, der ersten Abstandhalter 14 und der zweiten Abstandhalter 16, der Brennstoffzelleneinheiten 10 ersetzt wird, kann darum jede der Brennstoffzelleneinheiten 10 einfach ausgebaut und wieder eingebaut werden. Daher ist die Wiederaufbaubarkeit verbessert. Weil das klebende Dichtmittel SB an den ersten Abstandhalter 14 und an den zweiten Abstandhalter 16 bindet, welche die Brennstoffzellenuntereinheit 12 aufnehmen, wird verhindert, dass diese Teile versehentlich während dem Abbauen oder Aufbauen des Brennstoffzellenstapels getrennt werden.

[0181] Desweiteren adhärirt das Dichtmittel SB1 an die Vertiefungen 34 des zweiten Abstandhalters 16, wodurch verhindert wird, dass das Dichtmittel SB1 während dem Zusammenbauen des Brennstoffzellenstapels versehentlich abfällt.

[0182] Das zweite Beispiel der vorliegenden Erfindung wird mit Bezugnahme auf Fig. 41 erklärt. Das nicht-klebende, flüssige Dichtmittel SB1 wird in die Vertiefung 34 in der Oberfläche 16b des Abstandhalters 16 aufgetragen. Dann wird die Oberfläche 14b des ersten Abstandhalters 14 auf das flüssige Dichtmittel SB1 auf der Oberfläche 16b des zweiten Abstandhalters 16 gesetzt und dann härtet das flüssige Dichtmittel SB1 aus. Das klebende, flüssige Dichtmittel SB wird dann in die Vertiefung 28 in der Oberfläche 16a des zweiten Abstandhalters 16 aufgetragen. Während die Brennstoffzellenuntereinheit 12 zwischen dem ersten Abstandhalter 14 und dem zweiten Abstandhalter 16 aufgenommen wird, wird das flüssige Dichtmittel SB in den Vertiefungen 28 erhitzt, um auszuhärten. Somit ist die Brennstoffzelleneinheit 10 zusammengesetzt.

[0183] Dieses Beispiel bringt das Verfahren zur Herstellung des Brennstoffzellenstapels N wie folgt zum Ausdruck.

[0184] Die Festpolymerelektrolytmembran 18 wird durch die Anodenseitendiffusionselektrode (die die Anodenelek-



trode 22 und die zweite Diffusionsschicht 26 umfasst) und die Kathodenseitendiffusionselektrode (die die Kathodenelektrode 20 und die zweite Diffusionsschicht 24 umfasst) aufgenommen, wodurch die Membranelektrodenanordnung (die der Brennstoffzellenuntereinheit 12 entspricht) erzeugt wird. Dann wird die Membranelektrodenanordnung durch ein Paar Abstandhalter 14 und 16 aufgenommen, um die Brennstoffzelleneinheit 10 zu erzeugen. Dann wird eine Anzahl von Brennstoffzelleneinheiten 10 aufeinandergestapelt, um den Brennstoffzellenstapel N zu erzeugen. In diesem Herstellungsverfahren wird das nicht-klebende, flüssige Dichtmittel SB1 auf einen vorher festgelegten Bereich (Vertiefung 34) einer der Oberflächen 16b des Abstandhalters aufgetragen. Dann wird ein anderer Abstandhalter auf das flüssige Dichtmittel SB1 gesetzt und das flüssige Dichtmittel wird ausgehärtet. Dann wird das klebende, flüssige Dichtmittel SB auf einen vorher festgelegten Bereich (Vertiefung 28) in der Oberfläche 16a gegenüber der Membranelektrodenanordnung aufgetragen. Dann wird das klebende, flüssige Dichtmittel SB auf einen vorher festgelegten Bereich (Vertiefung 28) in der Oberfläche 14a gegenüber der Membranelektrodenanordnung aufgetragen. Während die Brennstoffzellenuntereinheit 12 zwischen dem flüssigen Dichtmittel SB in einer Vertiefung und dem flüssigen Dichtmittel SB in der anderen Vertiefung aufgenommen wird, wird das flüssige Dichtmittel erhitzt, um es auszuhärten. Somit sind die Brennstoffzelleneinheiten 10 aufeinandergestapelt.

[0185] Gemäss dieser Struktur kann der Abstandhalter einer Brennstoffzelleneinheit leicht von dem Abstandhalter der anderen Brennstoffzelleneinheit getrennt werden. Darum kann die Brennstoffzelle leicht abgebaut und wieder aufgebaut werden.

[0186] Weil in dem Brennstoffzellenstapel N, der durch Aufeinanderstapeln der Einheiten hergestellt wurde, das nicht-klebende Dichtmittel SB1 den Raum zwischen dem ersten Abstandhalter 14 und dem zweiten Abstandhalter 16 abdichtet, können die Abstandhalter ausgebaut und wieder eingebaut werden. Weil das klebende Dichtmittel SB1 an den ersten Abstandhalter 14 und an den zweiten Abstandhalter 16, welche die Brennstoffzellenuntereinheit 12 aufnehmen, bindet, wird verhindert, dass diese Teile versehentlich während dem Abbauen oder Aufbauen des Brennstoffzellenstapels getrennt werden.

[0187] Das dritte Beispiel der vorliegenden Erfindung wird mit Bezugnahme auf Fig. 42 erläutert.

[0188] Das klebende, flüssige Dichtmittel SB wird in die Vertiefung 28 des ersten Abstandhalters 14 aufgetragen und das klebende, flüssige Dichtmittel SB wird in die Vertiefung 28 in der Oberfläche 16a des zweiten Abstandhalters 16 aufgetragen. Dann wird die Brennstoffzellenuntereinheit 12 durch den ersten Abstandhalter 14 und den zweiten Abstandhalter 16 aufgenommen und eine Anzahl von Untereinheiten 12 werden aufeinandergestapelt und erhitzt, so dass das flüssige Dichtmittel in eine feste Abdichtung aushärtet.

[0189] Dieses Beispiel bringt das Verfahren zur Herstellung des Brennstoffzellenstapels N wie folgt zum Ausdruck.

[0190] Die Festpolymerelektrolytmembran 18 wird durch die Anodenseitendiffusionselektrode (die die Anodenelektrode 22 und die zweite Diffusionsschicht 26 umfasst) und die Kathodenseitendiffusionselektrode (die die Kathodenelektrode 20 und die zweite Diffusionsschicht 24 umfasst) aufgenommen, wodurch die Membranelektrodenanordnung (die der Brennstoffzellenuntereinheit 12 entspricht) erzeugt wird. Dann wird die Membranelektrodenanordnung durch ein Paar Abstandhalter 14 und 16 aufgenommen, um die Brennstoffzelleneinheit 10 zu erzeugen. Dann wird eine Anzahl von Brennstoffzelleneinheiten 10 aufeinandergestapelt, um den Brennstoffzellenstapel N zu erzeugen. In diesem Herstellungsverfahren wird das klebende, flüssige Dichtmittel SB auf einen vorher festgelegten Bereich (Vertiefung 28) in einer der Oberflächen 14a des Abstandhalters gegenüber der Membranelektrodenanordnung aufgetragen. Das nicht-klebende, flüssige Dichtmittel SB1 wird auf einen vorher festgelegten Bereich (Vertiefung 34) in der anderen Oberfläche des Abstandhalters aufgetragen. Das klebende, flüssige Dichtmittel SB wird auf einen vorher festgelegten Bereich (Vertiefung 28) in der Oberfläche 16a eines anderen Abstandhalters gegenüber der Membranelektrodenanordnung aufgetragen. Dann wird die Membranelektrodenanordnung zwischen den Abstandhaltern aufgenommen und eine Anzahl von Einheiten wird aufeinandergestapelt und erhitzt, um auszuhärten.

[0191] Gemäss dieser Struktur kann der Abstandhalter einer Brennstoffzellenuntereinheit leicht von dem Abstandhalter der anderen Brennstoffzellenuntereinheit getrennt werden. Darum kann die Brennstoffzelle leicht abgebaut und wieder aufgebaut werden. Desweiteren ist das Verfahren nicht in zwei Schritte unterteilt, wie in den ersten und zweiten Beispielen beschrieben und das klebende, flüssige Dichtmittel und das nicht-klebende, flüssige Dichtmittel härten zum selben Zeitpunkt aus, wodurch die Anzahl der Schritte verringert und die Produktivität verbessert wird.

[0192] Weil in dem Brennstoffzellenstapel N, der durch Aufeinanderstapeln der Einheiten hergestellt wurde, das nicht-klebende Dichtmittel SB1 den Raum zwischen dem ersten Abstandhalter 14 und dem zweiten Abstandhalter 16 abdichtet, können die Abstandhalter ausgebaut und wieder eingebaut werden. Weil das klebende Dichtmittel SB an den ersten Abstandhalter 14 und zweiten Abstandhalter 16, welche die Brennstoffzellenuntereinheit 12 aufnehmen, bindet, wird verhindert, dass diese Teile versehentlich während dem Abbauen oder Aufbauen des Brennstoffzellenstapels in einer ähnlichen Art und Weise wie in den ersten und zweiten Beispielen getrennt werden.

[0193] Das vierte Beispiel wird mit Bezugnahme auf Fig. 43 erläutert. Das flüssige Dichtmittel SB wird in die Vertiefung 28 in der Oberfläche 16a des zweiten Abstandhalters 16 aufgetragen. Das klebende, flüssige Dichtmittel SB wird in die Vertiefung 28 des ersten Abstandhalters 14 aufgetragen. Dann wird die Brennstoffzellenuntereinheit 12 durch den zweiten Abstandhalter 16 und den ersten Abstandhalter 14 aufgenommen und das flüssige Dichtmittel wird erhitzt, um auszuhärten. Somit ist die Brennstoffzelleneinheit 10 zusammengebaut. Dann wird das nicht-klebende, feste Dichtmittel KS1 in die Vertiefung 34 in der Oberfläche 16b des zweiten Abstandhalters 16 aufgebracht. Das feste Dichtmittel KS1 könnte an die Vertiefung 34 adhären.

[0194] Dieses Beispiel bringt das Verfahren zur Herstellung des Brennstoffzellenstapels N wie folgt zum Ausdruck.

[0195] Die Festpolymerelektrolytmembran 18 wird durch die Anodenseitendiffusionselektrode (die die Anodenelektrode 22 und die zweite Diffusionsschicht 26 umfasst) und die Kathodenseitendiffusionselektrode (die die Kathodenelektrode 20 und die zweite Diffusionsschicht 24 umfasst) aufgenommen, wodurch die Membranelektrodenanordnung (die der Brennstoffzellenuntereinheit 12 entspricht) erzeugt wird. Dann wird die Membranelektrodenanordnung durch ein Paar Abstandhalter 14 und 16 aufgenommen, um die Brennstoffzelleneinheit 10 zu erzeugen. Dann werden eine Anzahl von Brennstoffzelleneinheiten 10 aufeinandergestapelt, um den Brennstoffzellenstapel N zu erzeugen. In diesem Herstellungsverfahren wird das nicht-klebende, flüssige Dichtmittel SB1 auf einen vorher festgelegten Bereich (Vertiefung 34) einer der Oberflächen 16b des Abstandhalters aufgetragen. Dann wird ein anderer Abstandhalter auf das flüssige Dichtmittel SB1 gesetzt und das flüssige Dichtmittel wird ausgehärtet. Dann wird das klebende, flüssige Dichtmittel SB auf einen vorher festgelegten Bereich (Vertiefung 28) in der Oberfläche 16a gegenüber der Membranelektrodenanordnung aufgetragen. Dann wird das klebende, flüssige Dichtmittel SB auf einen vorher festgelegten Bereich (Vertiefung 28) in der Oberfläche 14a gegenüber der Membranelektrodenanordnung aufgetragen. Während die Brennstoffzellenuntereinheit 12 zwischen dem flüssigen Dichtmittel SB in einer Vertiefung und dem flüssigen Dichtmittel SB in der anderen Vertiefung aufgenommen wird, wird das flüssige Dichtmittel erhitzt, um es auszuhärten. Somit sind die Brennstoffzelleneinheiten 10 aufeinandergestapelt.

lungsverfahren wird das klebende, flüssige Dichtmittel SB in einen vorher festgelegten Bereich (Vertiefung 28) in einer der Oberflächen 14a des Abstandhalters gegenüber der Membranelektrodenanordnung aufgetragen. Das klebende, flüssige Dichtmittel SB1 wird in einen vorher festgelegten Bereich (Vertiefung 28) in der Oberfläche 16a eines anderen Abstandhalters gegenüber der Membranelektrodenanordnung aufgetragen. Dann wird die Membranelektrodenanordnung durch die Abstandhalter aufgenommen und das flüssige Dichtmittel SB wird erhitzt, um auszuhärten. Dann wird das nicht-klebende feste Dichtmittel KS1 in einem vorher festgelegten Bereich (Vertiefung 34) in der anderen Oberfläche 16b des Abstandhalters aufgebracht. Dann wird eine Anzahl von Einheiten aufeinandergestapelt.

[0196] Gemäss dieser Struktur kann der Abstandhalter einer Brennstoffzellenuntereinheit leicht von dem Abstandhalter der anderen Brennstoffzellenuntereinheit getrennt werden. Darum kann die Brennstoffzelle leicht abgebaut und wieder aufgebaut werden. Weil das feste Dichtmittel zum Zeitpunkt des Einbaus gebildet wurde, wurde das feste Dichtmittel desweiteren nur in dem vorher festgelegten Bereich angebracht, wodurch der Schritt des Auftragens des flüssigen Dichtmittels beseitigt und die Produktivität erhöht wurde.

[0197] Das heisst, dass in dem Brennstoffzellenstapel N, der die gestapelten Einheiten beinhaltet, das Dichtmittel KS1 leicht getrennt werden kann. Der Ersatz einer der Brennstoffzelleneinheiten 10 ist einfach und die Wiederaufbaubarkeit ist daher verbessert.

[0198] Weil das klebende Dichtmittel SB an den ersten Abstandhalter 14 und den zweiten Abstandhalter 16, welche die Brennstoffzellenuntereinheit 12 aufnehmen, bindet, wird verhindert, dass diese Teile versehentlich während dem Abbauen oder Aufbauen des Brennstoffzellenstapels in einer zu den ersten und zweiten Beispielen ähnlichen Art und Weise getrennt werden.

[0199] Gemäss den Beispielen wird eine Anzahl von Einheiten der ersten Abstandhaltern 14, der Brennstoffzellenuntereinheiten 12 und der zweiten Abstandhaltern 16 aufeinandergestapelt. Dann werden die erste Endplatte 80 und die zweite Endplatte 82 befestigt. Somit ist der Brennstoffzellenstapel N zusammengebaut.

[0200] Wie in den Fig. 44 und 45 gezeigt, wurde die Scherfestigkeit von zwei Abstandhaltern SP, die durch das Dichtmittel S verbunden sind, welches zum Zeitpunkt der Auftragung flüssig war, gemessen. Die Länge des überlappenden Bereiches in der Längsrichtung der zwei Abstandhalter SP beträgt 20 mm, die Breite des überlappenden Bereiches beträgt 25 mm und die Zuggeschwindigkeit beträgt 50 mm/min.

[0201] Die Tabelle 4 zeigt die Arten des getesteten flüssigen Dichtmittels und der getesteten Materialien der Abstandhalter. Das hitzehärtbare, fluorhaltige Dichtmittel 1 und das hitzehärtbare, fluorhaltige Dichtmittel 2 härten für drei Stunden bei 120°C aus. Von den Abstandhaltermaterialien ist die gepresste Kohle aus 80% Kohlepulver und 20% Phenolharz hergestellt und die gebrannte Kohle wird aus einer gebrannten Kohleplatte ausgeschnitten und prozessiert.

TABELLE 4

	Material	Bemerkung	
Dichtmittel	Hitzehärtbares, fluorhaltiges Dichtmittel 1	Aushärten für drei Stunden bei 120 °C	5
	Hitzehärtbares, fluorhaltiges Dichtmittel 2	Aushärten für drei Stunden bei 120 °C	10
	Hitzehärtbares, Siliciumdichtmittel (Additionsreaktionstyp)	Aushärten für eine Stunden bei 120 °C	15
Abstandhalter	Gepresste Kohle	(Kohlepulver: 80%, Phenolharz: 20%)	20
	Gebrannte Kohle	Ausgeschnitten und prozessiert aus einer gebrannten Kohleplatte	25
	SUS316		30
	Al		35

[0202] Die Ergebnisse des Experiments sind in Fig. 46 gezeigt. In der Fig. 46 stellt die vertikale Achse die Scheradhäsionsfestigkeit ( $\text{kgf/cm}^2$ ) dar und die horizontale Achse stellt die getesteten Materialien dar. Gemäss dem Experiment wird das Abstandhaltermaterial aus der gepressten Kohle, der gebrannten Kohle, dem SUS316 (rostfreier Stahl) oder Al, welches durch das hitzehärtbare, fluorhaltige Dichtmittel 1 gebunden ist, nicht abgetrennt, sogar wenn die Abstandhalter beschädigt werden. Desweiteren erreicht das hitzehärtbare Siliciumdichtmittel (Additionsreaktionstyp) die gleichen Effekte.

[0203] Wenn das hitzehärtbare Siliciumdichtmittel verwendet wird, beträgt die Scheradhäsionsfestigkeit der gepressten Kohle oder der gebrannten Kohle wenigstens  $2 \text{ kgf/cm}^2$ . Während dem Entwerfen der Brennstoffzelleneinheit oder einer Anzahl von Brennstoffzelleneinheiten als Modul, kann darum jedes Modul gestapelt oder entfernt werden, wodurch die Trennung der Abstandhalter verhindert wird, wenn die Scheradhäsionsfestigkeit der Abstandhalter gleich oder grösser als  $2 \text{ kgf/cm}^2$  ist. Das klebende Dichtmittel der vorliegenden Erfindung weist eine Scheradhäsionsfestigkeit gleich oder grösser als  $2 \text{ kgf/cm}^2$  auf.

[0204] Das hitzehärtbare, fluorhaltige Dichtmittel 2 weist keine klebende funktionelle Gruppe auf. Nachdem dieses Dichtmittel auf den gebrannten Kohleabstandhalter oder den gepressten Kohleabstandhalter aufgetragen wurde und ausgehärtet wurde, um die Brennstoffzellenuntereinheit zu vervollständigen, sind die Abstandhalter leicht und manuell zu trennen.

[0205] Da die Scheradhäsionsfestigkeit der Abstandhalter des hitzehärtbaren, fluorhaltigen Dichtmittels 2 0 bis  $0,5 \text{ kgf/cm}^2$  beträgt. Wenn die Scheradhäsionsfestigkeit gleich oder kleiner als  $0,5 \text{ kgf/cm}^2$  ist, kann eine defekte Brennstoffzelleneinheit 10 leicht von dem Brennstoffzellenstapel entfernt werden.

[0206] Mehr bevorzugt, weist das erfindungsgemässe nicht-klebende Dichtmittel eine Scheradhäsionsfestigkeit von gleich oder kleiner als  $0,5 \text{ kgf/cm}^2$  auf. Das schwach klebende Dichtmittel, das eine Scheradhäsionsfestigkeit von  $0,5$  bis  $2 \text{ kgf/cm}^2$  aufweist ist in dem nicht-klebenden Dichtmittel eingeschlossen.

[0207] Wie oben beschrieben werden das nicht-klebende Dichtmittel und das klebende Dichtmittel basierend auf der Scheradhäsionsfestigkeit zum Zeitpunkt der Auftragung und nicht basierend auf den Arten des Dichtmittels unterschieden. Beispielsweise selbst wenn das aufgetragene klebende Dichtmittel, das in engen Kontakt mit dem Abstandhalter kam und erhitzt wurde, um auszuhärten, eine Scheradhäsionsfestigkeit von gleich oder grösser als  $2 \text{ kgf/cm}^2$  aufweist, weist das gleiche aufgetragene klebende Dichtmittel, das für eine vorher festgelegte Zeitdauer getrocknet wurde und in Kontakt mit dem Abstandhalter kam, eine Scheradhäsionsfestigkeit unter  $2 \text{ kgf/cm}^2$  auf. Dieses Dichtmittel ist ein nicht-klebendes Dichtmittel (schwach klebendes Dichtmittel).

[0208] Gemäss der obigen Ausführungsformen wird die Brennstoffzellenuntereinheit 12 zwischen dem ersten Ab-

standhalter 14 und dem zweiten Abstandhalter 16 aufgenommen. Das klebende, flüssige Dichtmittel SB wird bereitgestellt, um das Austreten des Reaktionsgases zu den Rändern der Anodenelektrode 22, der zweiten Diffusionsschicht 26, der Kathodenelektrode 20 und der ersten Diffusionsschicht 24 zu verhindern. Das nicht-klebende, flüssige Dichtmittel SB1 oder das flüssige Dichtmittel KS1 wird zwischen der Oberfläche 14b eines anderen ersten Abstandhalters 14 und der Oberfläche 16b des zweiten Abstandhalters 16 bereitgestellt. Darum kann das nicht-klebende Dichtmittel SB1 (oder KS1) leicht von dem ersten Abstandhalter 14 und dem zweiten Abstandhalter 16 abgetrennt werden.

[0209] Während dem Ersatz einer der Brennstoffzelleneinheiten 10 mit dem beschädigten ersten Abstandhalter 14 oder dem zweiten Abstandhalter 16, können die ersten Abstandhalter 14 und die zweiten Abstandhalter 16 leicht auseinandergebaut und wieder zusammengebaut werden. Daher ist die Wiederaufbaubarkeit verbessert. Weil das klebende Dichtmittel SB an den ersten Abstandhalter 14 und an den zweiten Abstandhalter 16, welche die Brennstoffzellenuntereinheit 12 aufnimmt, bindet, wird verhindert, dass diese Teile versehentlich während dem Abbauen oder Aufbauen des Brennstoffzellenstapels getrennt werden.

[0210] Desweiteren kommt das flüssige Dichtmittel SB in direkten Kontakt mit dem hervortretenden Teil 18a, der am Rand der Festpolymerelektrolytmembran 18 bereitgestellt wird, zwischen der Festpolymerelektrolytmembran 18 und den ersten und zweiten Abstandhaltern 14 und 16 zusammengedrückt, passt sich an die verschiedenen Grössen der Abdichtungsbereiche an und hält die Gasundurchlässigkeit zwischen der Festpolymerelektrolytmembran 18 und den ersten und zweiten Abstandhaltern 14 und 16 aufrecht, während ein gleichmässiger Druck auf die Vertiefungen 28, 30, 34 und 35 beibehalten wird. Darum ist die Reaktionskraft, die durch die Abdichtungen erzeugt wird, einheitlich über den Rand zwischen den ersten und zweiten Abstandhaltern 14 und 16 und der Brennstoffzellenuntereinheit 12, wodurch die Abdichtung einheitlich gemacht wird.

[0211] Selbst wenn die Festpolymerelektrolytmembran 18 Falten entwickelt, kann das flüssige Dichtmittel S dementsprechend zusammengedrückt werden und verhindert daher die Falten der Festpolymerelektrolytmembran 18.

[0212] Die vierte Ausführungsform erzielt ähnliche Effekte wie die der ersten bis dritten Ausführungsformen.

[0213] Diese Erfindung kann in anderen Formen ausgeführt werden oder auf andere Art und Weisen durchgeführt werden, ohne dass man von dem Erfindungsgedanken abweicht. Die vorliegenden Ausführungsformen sind deshalb in jeglicher Hinsicht als erläuternd und nicht als limitierend anzusehen, wobei der Umfang der Erfindung durch die angehängten Ansprüche angezeigt wird und es beabsichtigt ist, dass alle Abänderungen, die innerhalb der Bedeutung und dem Bereich der Äquivalenz liegen, hierin eingeschlossen sind.

[0214] Die Brennstoffzelle der vorliegenden Erfindung umfasst: eine Membranelektrodenanordnung, die eine Festpolymerelektrolytmembran, eine Anodenseitendiffusionselektrode (eine Anodenelektrode und eine zweite Diffusionsschicht), die auf einer Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist und eine Kathodenseitendiffusionselektrode (eine Kathodenelektrode und eine erste Diffusionsschicht), die auf der anderen Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, aufweist; ein Paar Abstandhalter, welche die Membranelektrodenanordnung aufnehmen; ein hervortretender Teil, der sich von der Festpolymerelektrolytmembran ausdehnt und der von den Rändern der Anodenseitendiffusionselektrode und der Kathodenseitendiffusionselektrode hervortritt; und eine Abdichtung, die auf den Abstandhaltern bereitgestellt wird, die zum Zeitpunkt der Auftragung ein flüssiges Dichtmittel war. Die Abdichtung kommt mit dem hervortretenden Teil in Kontakt, während die Membranelektrodenanordnung zwischen den Abstandhaltern angeordnet ist.

#### Patentansprüche

1. Brennstoffzelle, umfassend:  
eine Membranelektrodenanordnung (12), die eine Festpolymerelektrolytmembran (18), eine Anodenseitendiffusionselektrode (22, 26), die auf einer Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, und eine Kathodenseitendiffusionselektrode (20, 24), die auf der anderen Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, aufweist;  
ein Paar Abstandhalter (14, 16), welche die Membranelektrodenanordnung aufnehmen; ein hervortretender Teil (18a), der sich von der Festpolymerelektrolytmembran ausdehnt und der von den Rändern der Anodenseitendiffusionselektrode und der Kathodenseitendiffusionselektrode hervortritt; und  
eine Abdichtung (S), die auf den Abstandhaltern bereitgestellt wird, die zum Zeitpunkt der Auftragung ein flüssiges Dichtmittel war, wobei  
die Abdichtung mit dem hervortretenden Teil in Kontakt kommt, während die Membranelektrodenanordnung zwischen den Abstandhaltern angeordnet ist.
2. Brennstoffzelle nach Anspruch 1, wobei die Abdichtung in Vertiefungen bereitgestellt sind, die in den Abstandhaltern gebildet sind.
3. Brennstoffzeile nach Anspruch 1, wobei die Breite e des hervortretenden Teiles gleich oder grösser als  $\frac{3}{2} \times C$  ist, wenn der Durchmesser des aufgetragenen flüssigen Dichtmittels C ist.
4. Brennstoffzelle nach Anspruch 1, wobei der Durchmesser des aufgetragenen flüssigen Dichtmittels gleich oder grösser als 0,9 mm ist.
5. Brennstoffzelle umfassend:  
eine Membranelektrodenanordnung (12), die eine Festpolymerelektrolytmembran (18), eine Anodenseitendiffusionselektrode (22, 26), die auf einer Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, und eine Kathodenseitendiffusionselektrode (20, 24), die auf der anderen Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, aufweist;  
ein Paar Abstandhalter (14, 16), welche die Membranelektrodenanordnung aufnehmen, wobei jeder Abstandhalter eine Öffnung für die Zufuhr oder Entnahme eines ausgewählt aus Brenngas, Oxidationsgas und Kühlmedium zu oder aus der Membranelektrodenanordnung aufweist;  
eine Abdichtung (SA1), die zum Zeitpunkt der Auftragung ein flüssiges Dichtmittel war, welche die Öffnungen der

Abstandhalter umgibt, wobei die Abdichtung auf einem Abstandhalter mit dem Dichtmittel auf dem anderen Abstandhalter in Kontakt kommt, um den Rand der Öffnung abzudichten.

6. Brennstoffzelle nach Anspruch 5, wobei die Abstandhalter Vertiefungen aufweisen, welche die Öffnungen umgeben und die Abdichtung in den Vertiefungen bereitgestellt ist.

7. Brennstoffzelle umfassend:

eine Membranelektrodenanordnung (12), die eine Festpolymerelektrolytmembran (18), eine Anodenseitendiffusions-  
elektrode (22, 26), die auf einer Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, und eine Kathodenseitendiffusions-  
elektrode (20, 24), die auf der anderen Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, auf-  
weist;

ein Paar Abstandhalter (14, 16), welche die Membranelektrodenanordnung aufnehmen, wobei jeder Abstandhalter  
eine Öffnung für die Zufuhr oder Entnahme eines ausgewählt aus Brenngas, Oxidationsgas und Kühlmedium zu  
oder aus der Membranelektrodenanordnung aufweist;

eine Abdichtung (SA1), die zum Zeitpunkt der Auftragung ein flüssiges Dichtmittel war, welche die Öffnungen von  
einem der Abstandhalter umgibt und welche mit dem anderen Abstandhalter in Kontakt kommt, um den Rand der  
Öffnung abzudichten.

8. Brennstoffzelle nach Anspruch 7, wobei einer der Abstandhalter eine Vertiefung aufweist, welche die Öffnung  
umgibt und das Dichtmittel in den Vertiefungen bereitgestellt ist.

9. Brennstoffzellenstapel, der mehrere Brennstoffzelleneinheiten aufweist, wobei jede Brennstoffzelleneinheit um-  
fasst:

eine Membranelektrodenanordnung (12), die eine Festpolymerelektrolytmembran (18), eine Anodenseitendiffusi-  
onselektrode (22, 26), die auf einer Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, und eine Kathodenseitendiffusions-  
elektrode (14, 16), die auf der anderen Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, auf-  
weist;

ein Paar Abstandhalter (14, 16), welche die Membranelektrodenanordnung aufnehmen;

eine Abdichtung (SB), die zwischen den Abstandhaltern bereitgestellt wird, die zum Zeitpunkt der Auftragung ein  
flüssiges Dichtmittel war;

eine nicht-klebende Abdichtung (SB1), die zwischen dem Abstandhalter einer Brennstoffzelleneinheit und dem Ab-  
standhalter der anderen Brennstoffzelleneinheit bereitgestellt wird.

10. Brennstoffzellenstapel nach Anspruch 9, wobei die nicht-klebende Abdichtung zum Zeitpunkt der Auftragung  
ein flüssiges Dichtmittel war.

11. Brennstoffzellenstapel nach Anspruch 9, wobei die nicht-klebende Abdichtung zum Zeitpunkt der Auftragung  
ein festes Dichtmittel war.

12. Verfahren zur Herstellung einer Brennstoffzelle, die eine Membranelektrodenanordnung (12) beinhaltet, die  
eine Festpolymerelektrolytmembran (18), eine Anodenseitendiffusions-  
elektrode (22, 26), die auf einer Seite der  
Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, und eine Kathodenseitendiffusions-  
elektrode (20, 24), die auf der an-  
deren Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, aufweist, umfassend die Schritte:

Herstellen eines Paares von Abstandhaltern (14, 16), welche die Membranelektrodenanordnung aufnehmen;

Auftragen von flüssigem Dichtmittel (S) auf die Abstandhalter;

in Kontakt bringen des flüssigen Dichtmittels mit einem hervortretenden Teil (18a) an einem Rand der Festpolymer-  
elektrolytmembran, der von den Kanten der Anodenseitendiffusions-  
elektrode hervortritt; und

Aufnehmen der Membranelektrodenanordnung zwischen einem Paar von Abstandhaltern; und

Erhitzen des flüssigen Dichtmittels, um es auszuhärten.

13. Verfahren nach Anspruch 12, das weiter den Schritt des Auftragens des Dichtmittels in Vertiefungen umfasst,  
die in dem Abstandhalter gebildet sind.

14. Verfahren nach Anspruch 12, wobei in dem Schritt des Auftragens des flüssigen Dichtmittels, die Breite  $e$  des  
hervortretenden Teiles gleich oder grösser als  $3/2 \times C$  ist, wenn der Durchmesser des aufgetragenen flüssigen Dicht-  
mittels  $C$  ist.

15. Brennstoffzelle nach Anspruch 12, wobei in dem Schritt des Auftragens des flüssigen Dichtmittels, der Durch-  
messer des aufgetragenen flüssigen Dichtmittels gleich oder grösser als 0,9 mm ist.

16. Verfahren zur Herstellung einer Brennstoffzelle, die eine Membranelektrodenanordnung (12) beinhaltet, die  
eine Festpolymerelektrolytmembran (18), eine Anodenseitendiffusions-  
elektrode (22, 26), die auf einer Seite der  
Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, und eine Kathodenseitendiffusions-  
elektrode (20, 24), die auf der an-  
deren Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, aufweist, umfassend die Schritte:

Herstellen eines Paares von Abstandhaltern (14, 16), welche die Membranelektrodenanordnung aufnehmen, wobei  
jeder Abstandhalter eine Öffnung für die Zufuhr oder Entnahme eines ausgewählt aus Brenngas, Oxidationsgas und  
Kühlmedium zu oder aus der Membranelektrodenanordnung aufweist;

Auftragen von flüssigem Dichtmittel (SA1) auf die Abstandhalter, um die Öffnungen zu umgeben; und

in Kontakt bringen des Dichtmittels auf dem einen Abstandhalter mit dem Dichtmittel auf dem anderen Abstand-  
halter, um den Rand der Öffnung abzudichten.

17. Verfahren nach Anspruch 16, das weiter die Schritte umfasst:

Bildung von Vertiefungen, welche die Öffnungen der Abstandhalter umgeben; und

Auftragen von Dichtmittel in die Vertiefungen.

18. Verfahren zur Herstellung einer Brennstoffzelle, die eine Membranelektrodenanordnung (12) beinhaltet, die  
eine Festpolymerelektrolytmembran (18), eine Anodenseitendiffusions-  
elektrode (22, 26), die auf einer Seite der  
Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, und eine Kathodenseitendiffusions-  
elektrode (20, 24), die auf der an-  
deren Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, aufweist, umfassend die Schritte:

Herstellen eines Paares von Abstandhaltern (14, 16), welche die Membranelektrodenanordnung aufnehmen, wobei

jeder Abstandhalter eine Öffnung für die Zufuhr oder Entnahme eines ausgewählt aus Brenngas, Oxidationsgas und Kühlmedium zu oder aus der Membranelektrodenanordnung aufweist;

Aufragen von flüssigem Dichtmittel (SA1) auf die Abstandhalter, um die Öffnungen zu umgeben; und  
in Kontakt bringen des Dichtmittels mit dem anderen Abstandhalter, um den Rand der Öffnung abzudichten.

19. Verfahren nach Anspruch 18, das weiter die Schritte umfasst:

Bilden einer Vertiefung, welche die Öffnung von einem der Abstandhalter umgibt; und  
Auftragen des Dichtmittels in die Vertiefung.

20. Verfahren zur Herstellung eines Brennstoffzellenstapels, der mehrere Brennstoffzelleneinheiten aufweist, wobei jede Brennstoffzelleneinheit eine Membranelektrodenanordnung (12) umfasst, die eine Festpolymerelektrolytmembran (18), eine Anodenseitendiffusionselektrode (22, 26), die auf einer Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, und eine Kathodenseitendiffusionselektrode (20, 24), die auf der anderen Seite der Festpolymerelektrolytmembran angeordnet ist, aufweist, umfassend die Schritte:

Herstellen eines Paares von Abstandhaltern (14, 16), welche die Membranelektrodenanordnung aufnehmen;

Aufragen eines klebenden, flüssigen Dichtmittels (SB1) zwischen den Abstandhaltern;

Aufragen eines Dichtmittels (SB) zwischen dem Abstandhalter der einen Brennstoffzelleneinheit und dem Abstandhalter der anderen Brennstoffzelleneinheit, wobei das Dichtmittel nicht-klebend ist, wenn der Brennstoffzellenstapel fertiggestellt ist.

21. Brennstoffzellenstapel nach Anspruch 20, wobei das nicht-klebende Dichtmittel in dem Schritt des Auftragens des Dichtmittels zwischen dem Abstandhalter der einen Brennstoffzelleneinheit und dem Abstandhalter der anderen Brennstoffzelleneinheit flüssig ist.

22. Brennstoffzellenstapel nach Anspruch 20, wobei das nicht-klebende Dichtmittel in dem Schritt des Auftragens des Dichtmittels zwischen dem Abstandhalter der einen Brennstoffzelleneinheit und dem Abstandhalter der anderen Brennstoffzelleneinheit flüssig ist.

---

Hierzu 36 Seite(n) Zeichnungen

---



FIG. 1

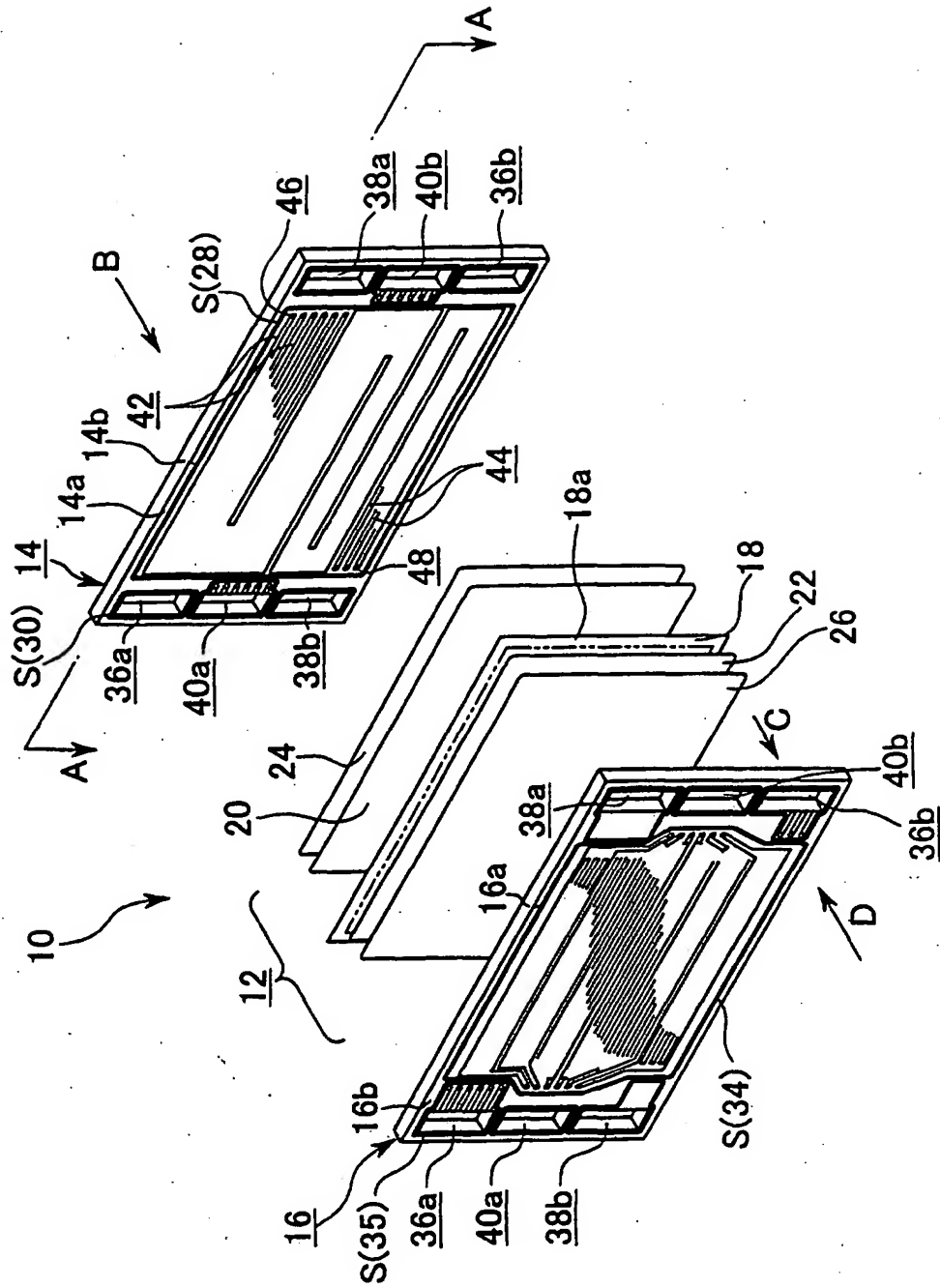


FIG. 2

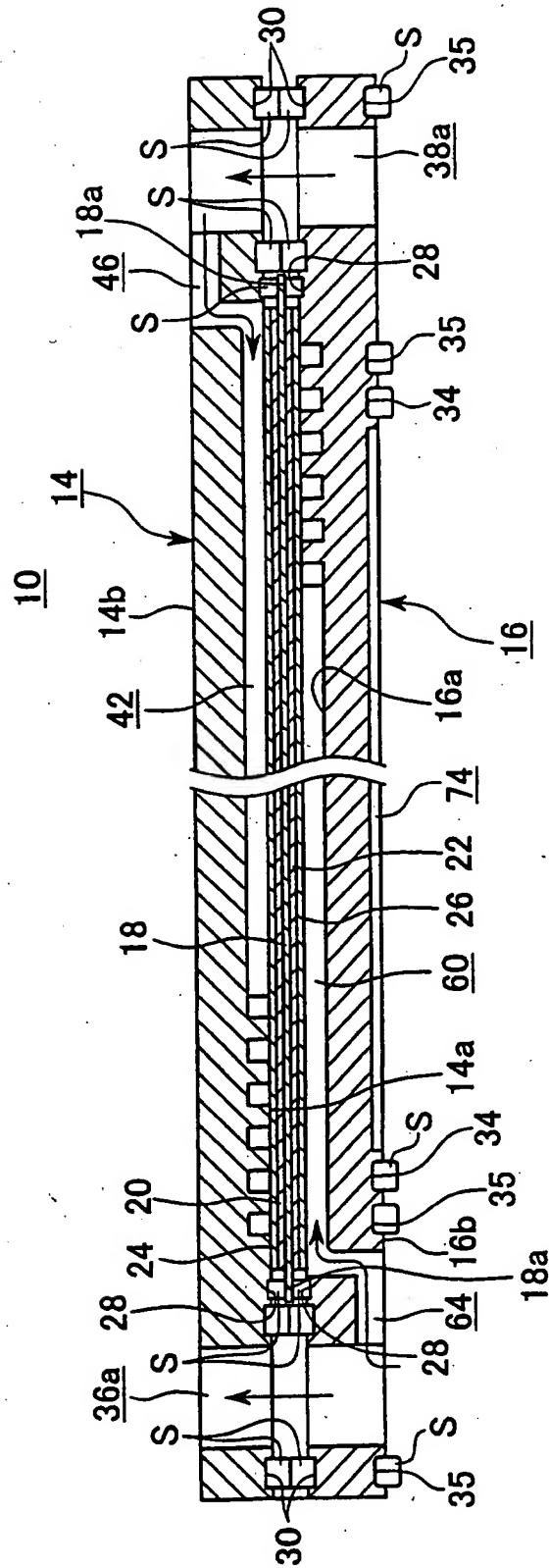


FIG. 3

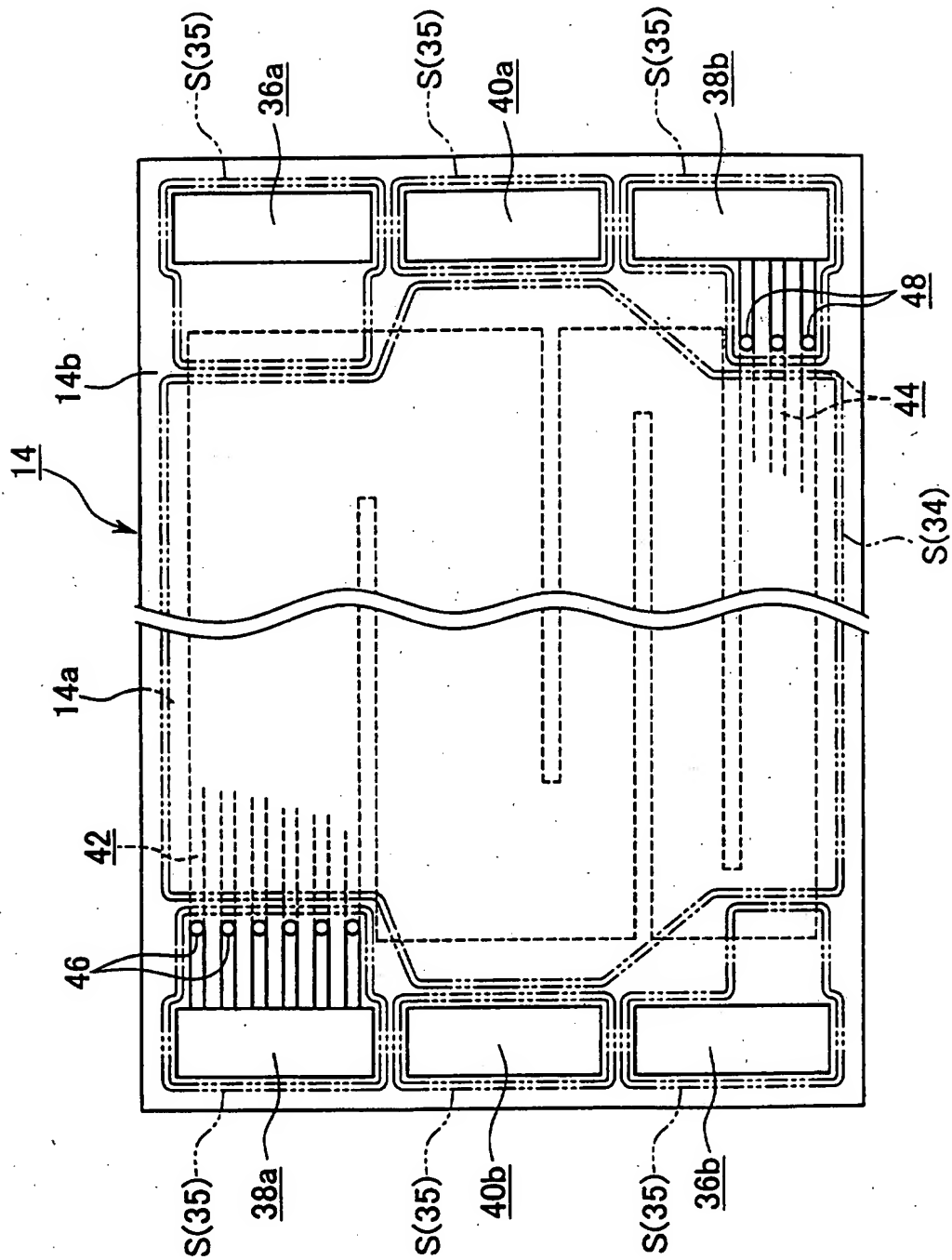


FIG. 4

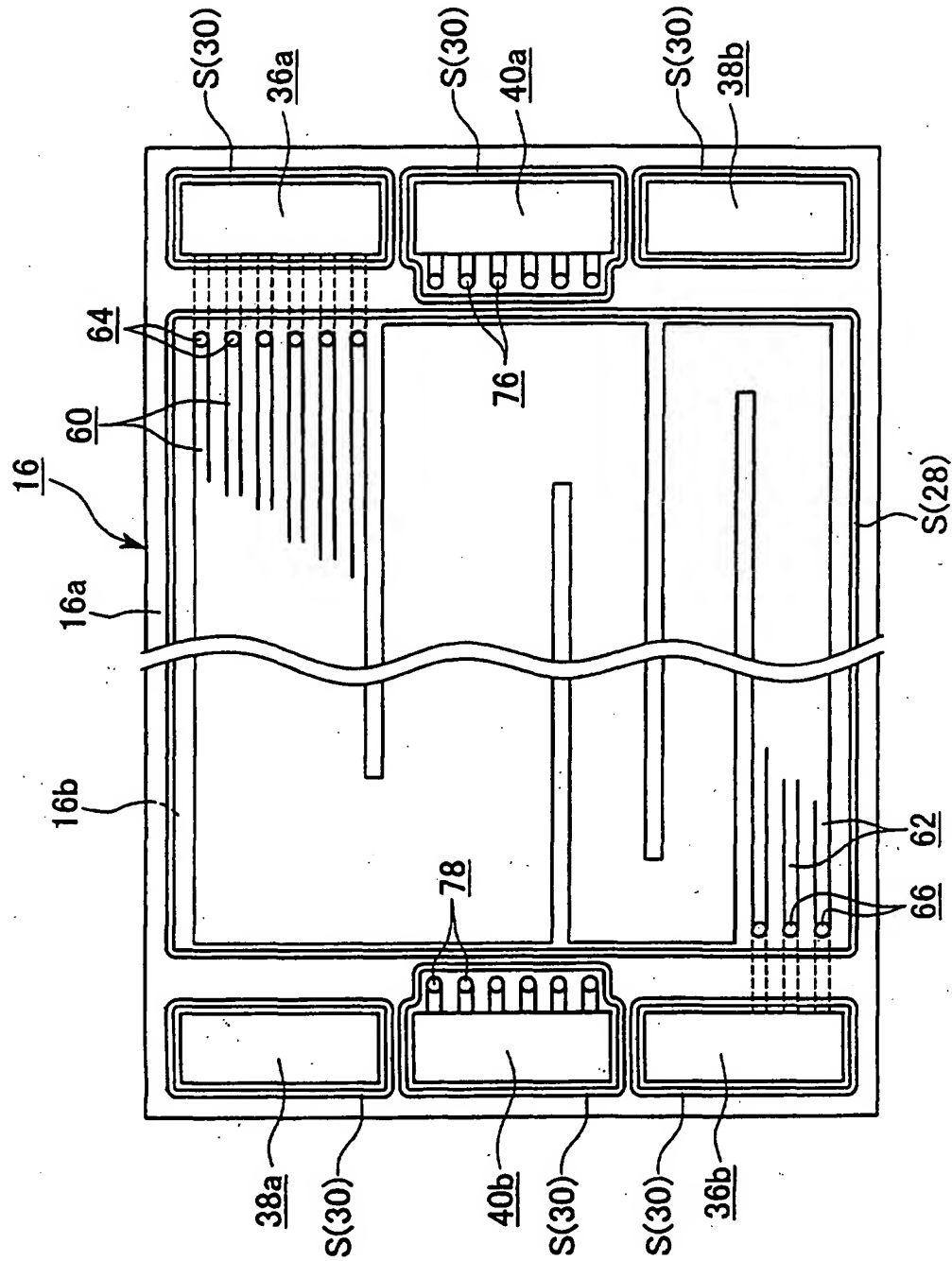


FIG. 5

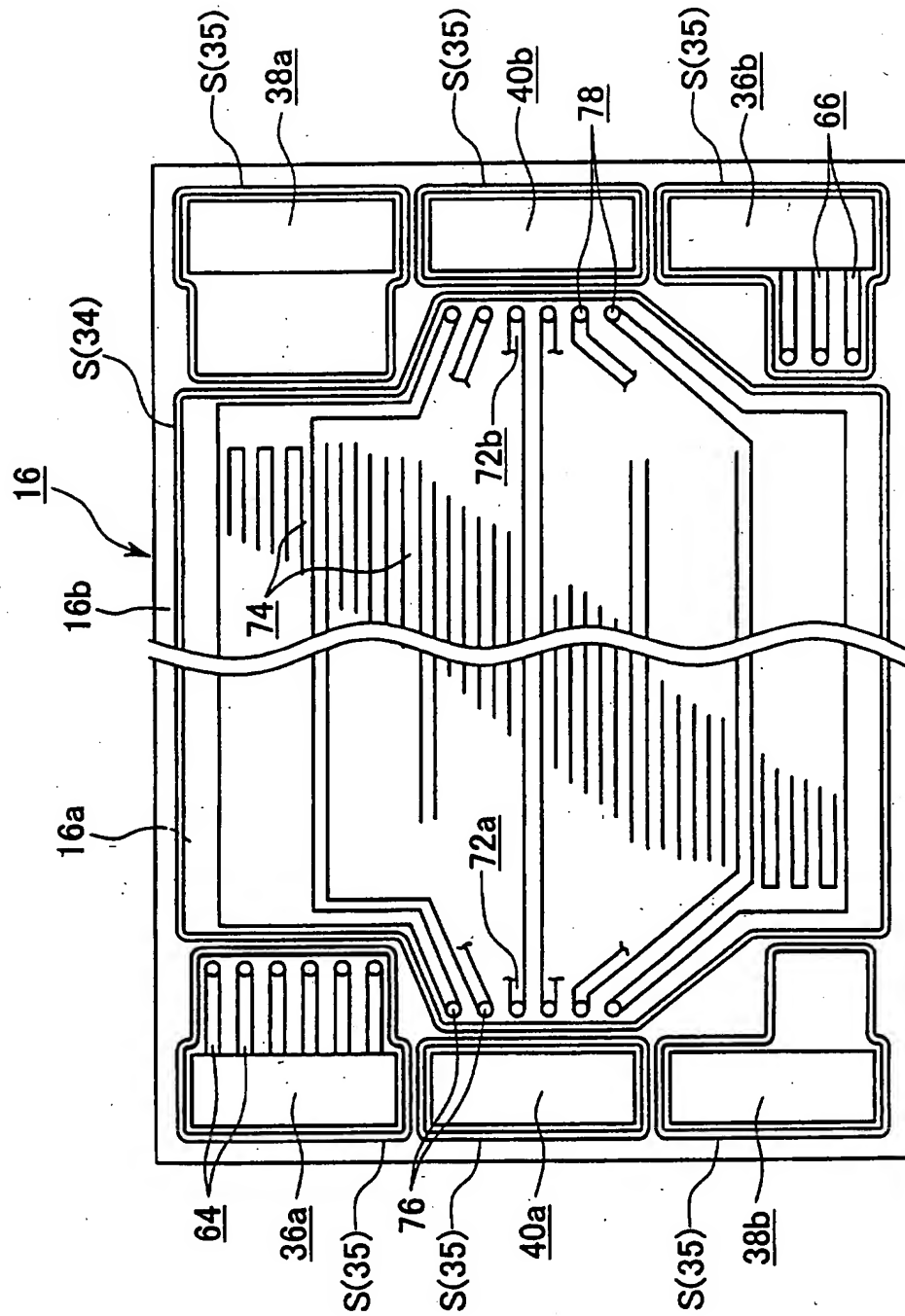


FIG. 6

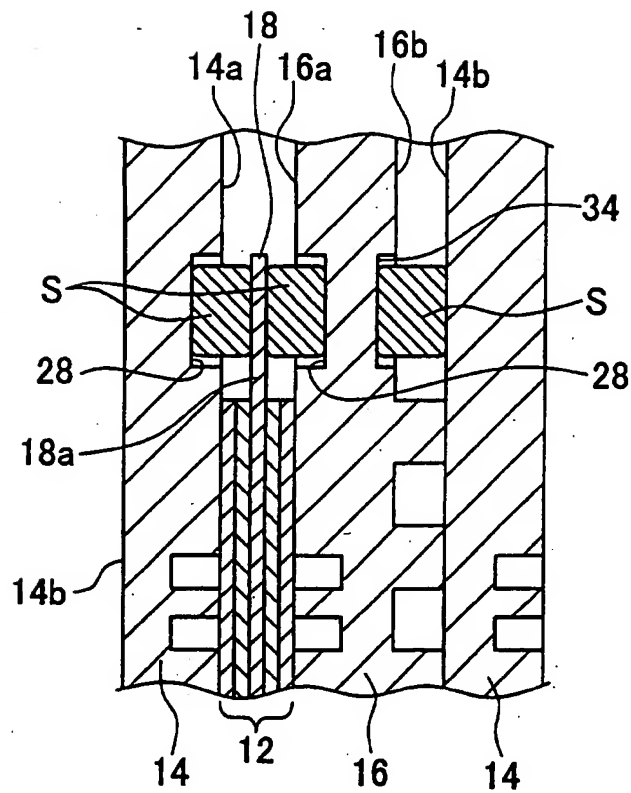


FIG. 7

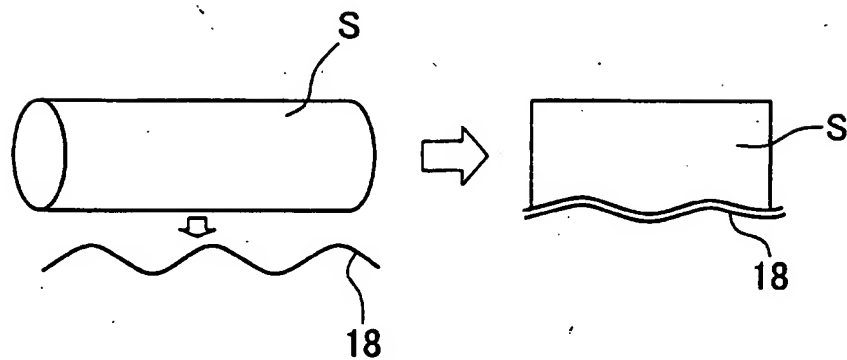




FIG. 8

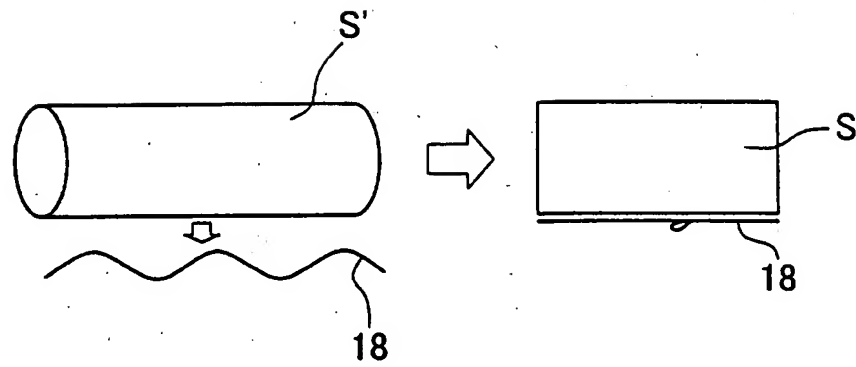


FIG. 9

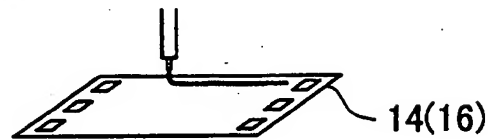


FIG. 10

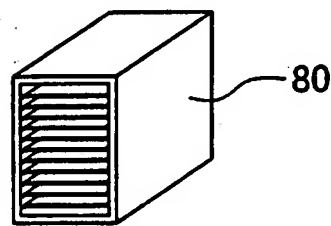


FIG. 11

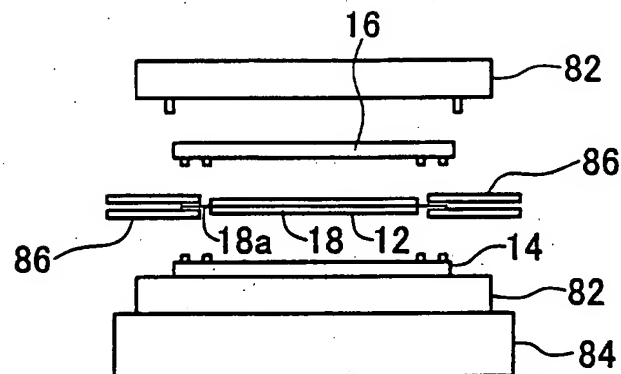


FIG. 12

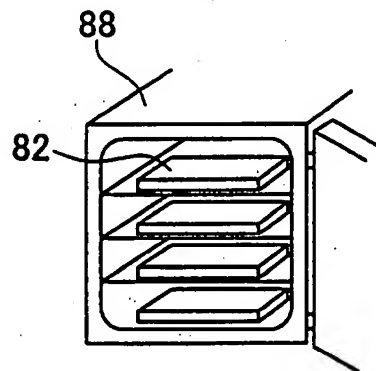


FIG. 13

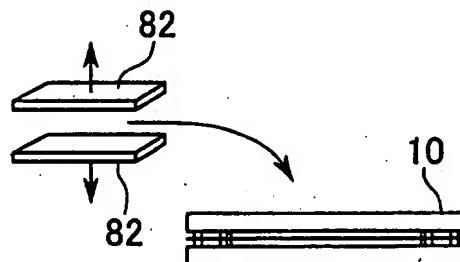


FIG. 14

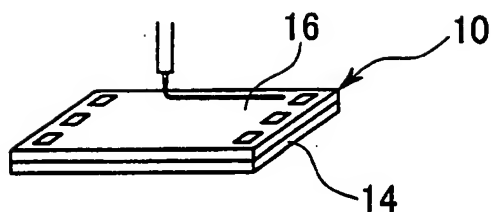


FIG. 15

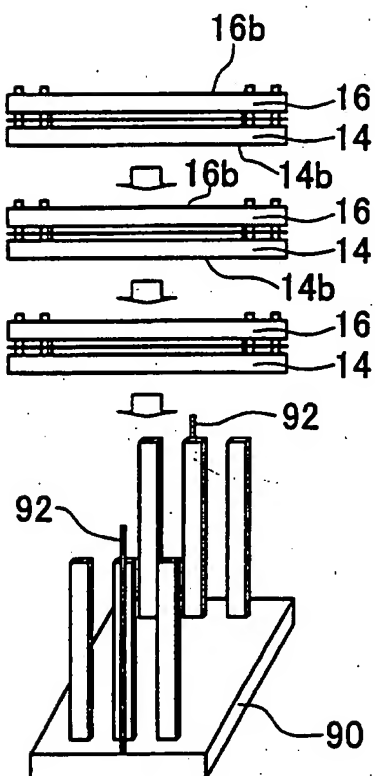


FIG. 16

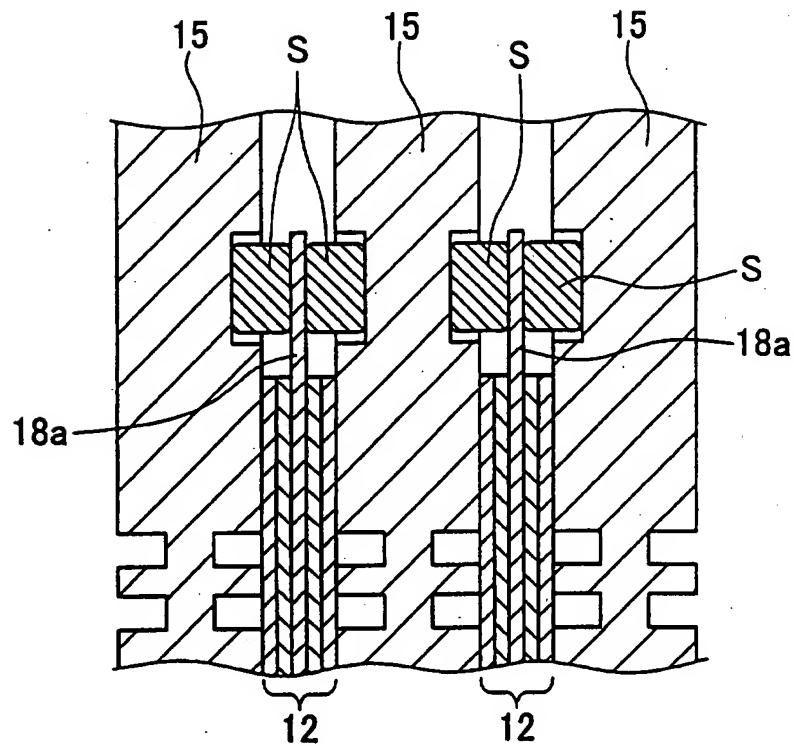


FIG. 17

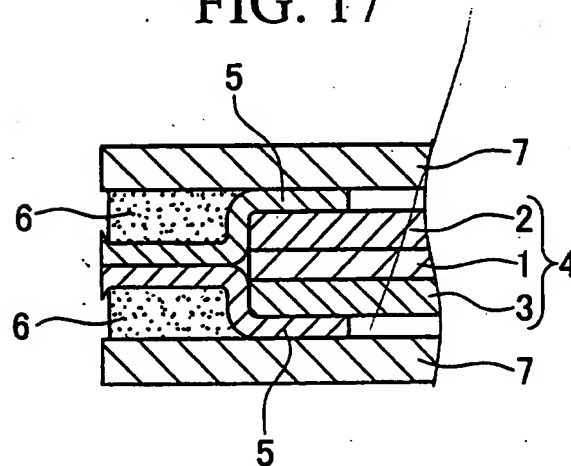


FIG. 18

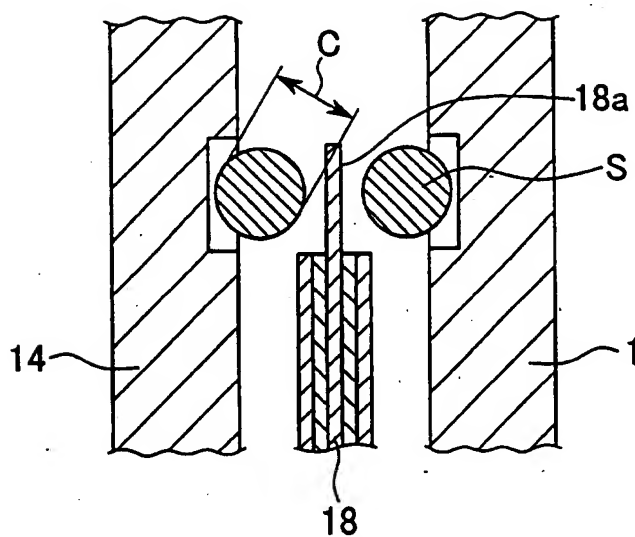


FIG. 19

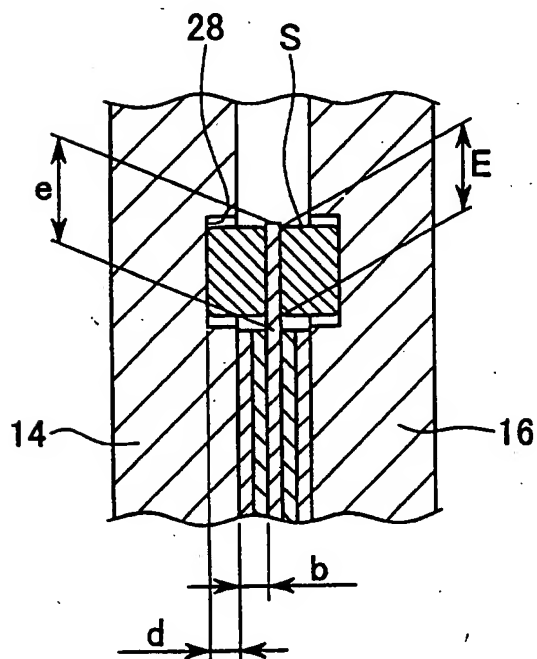


FIG. 20

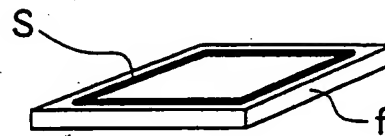


FIG. 21

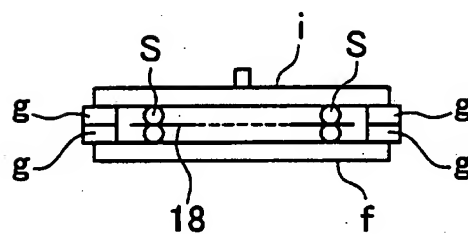


FIG. 22

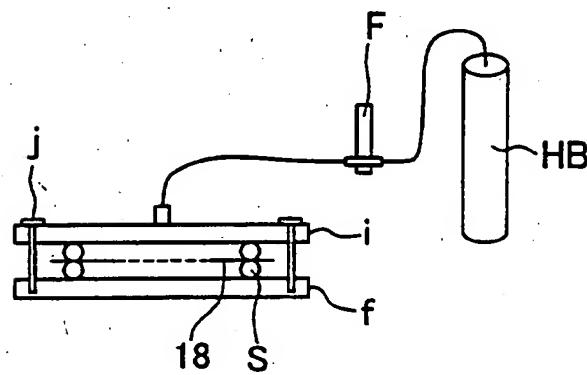




FIG. 23

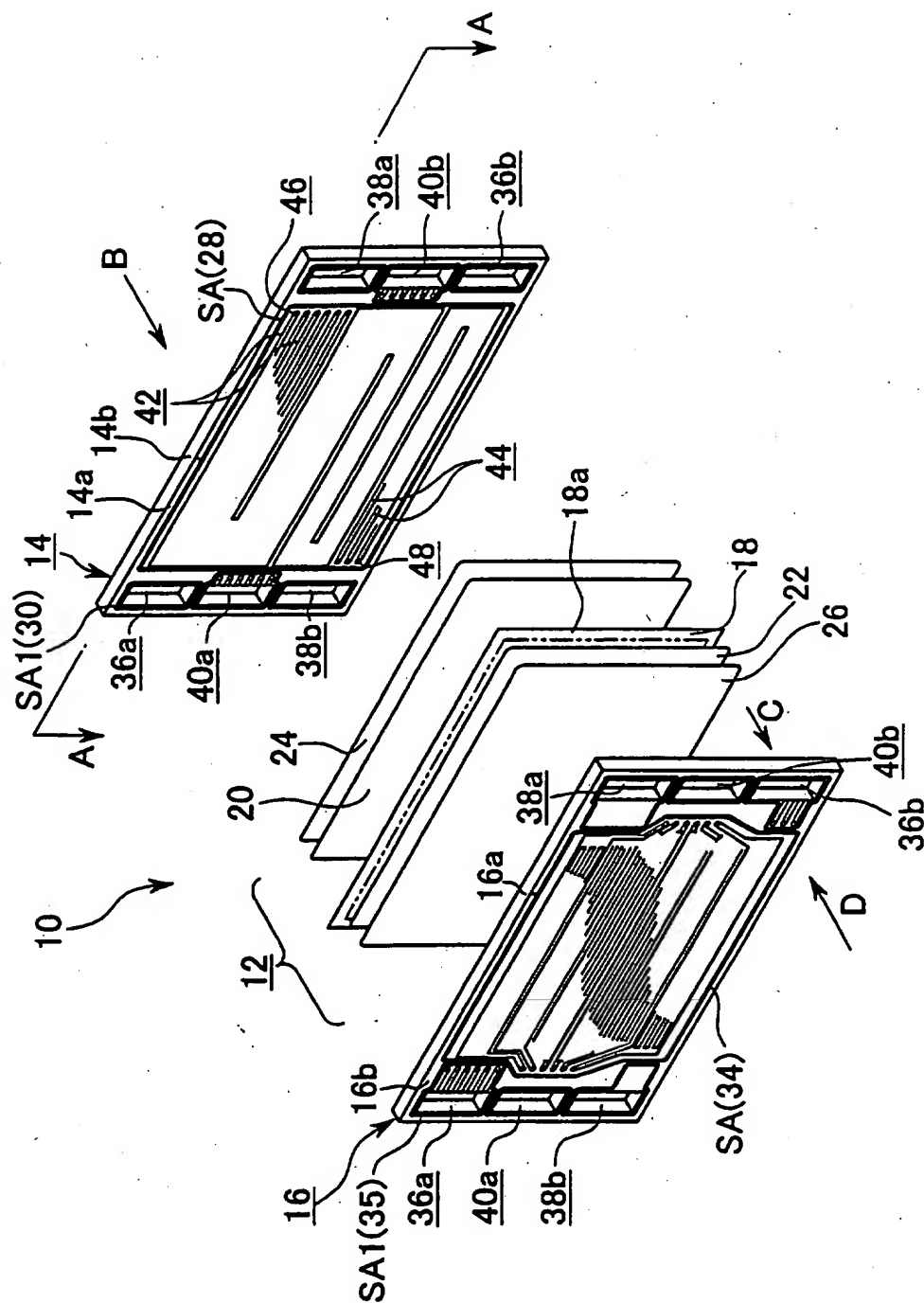


FIG. 24

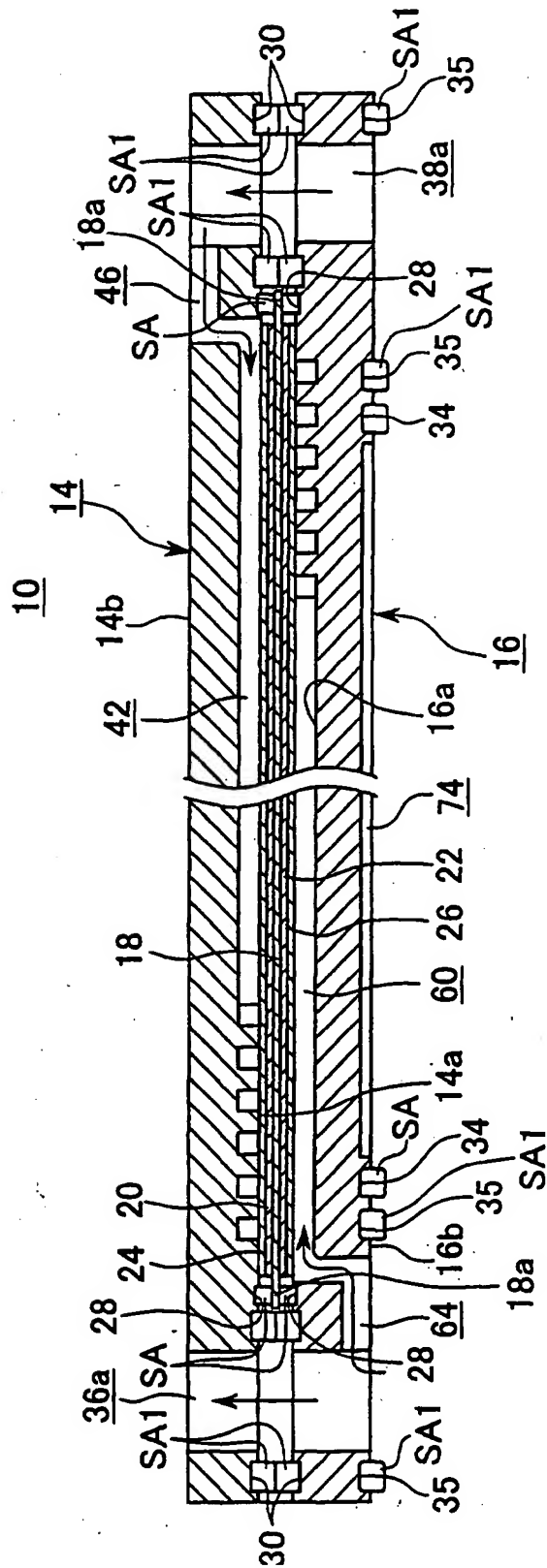


FIG. 25

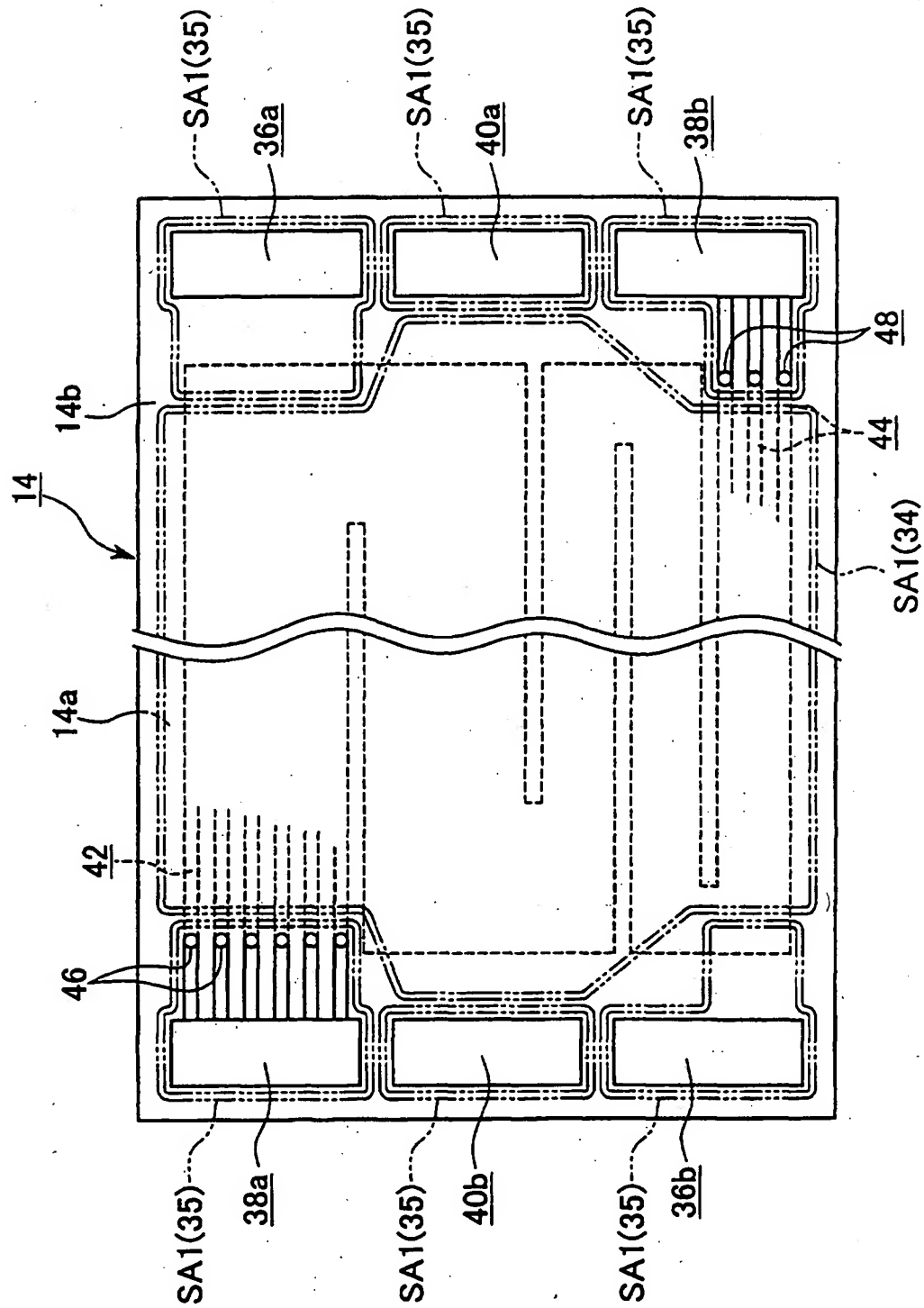


FIG. 26

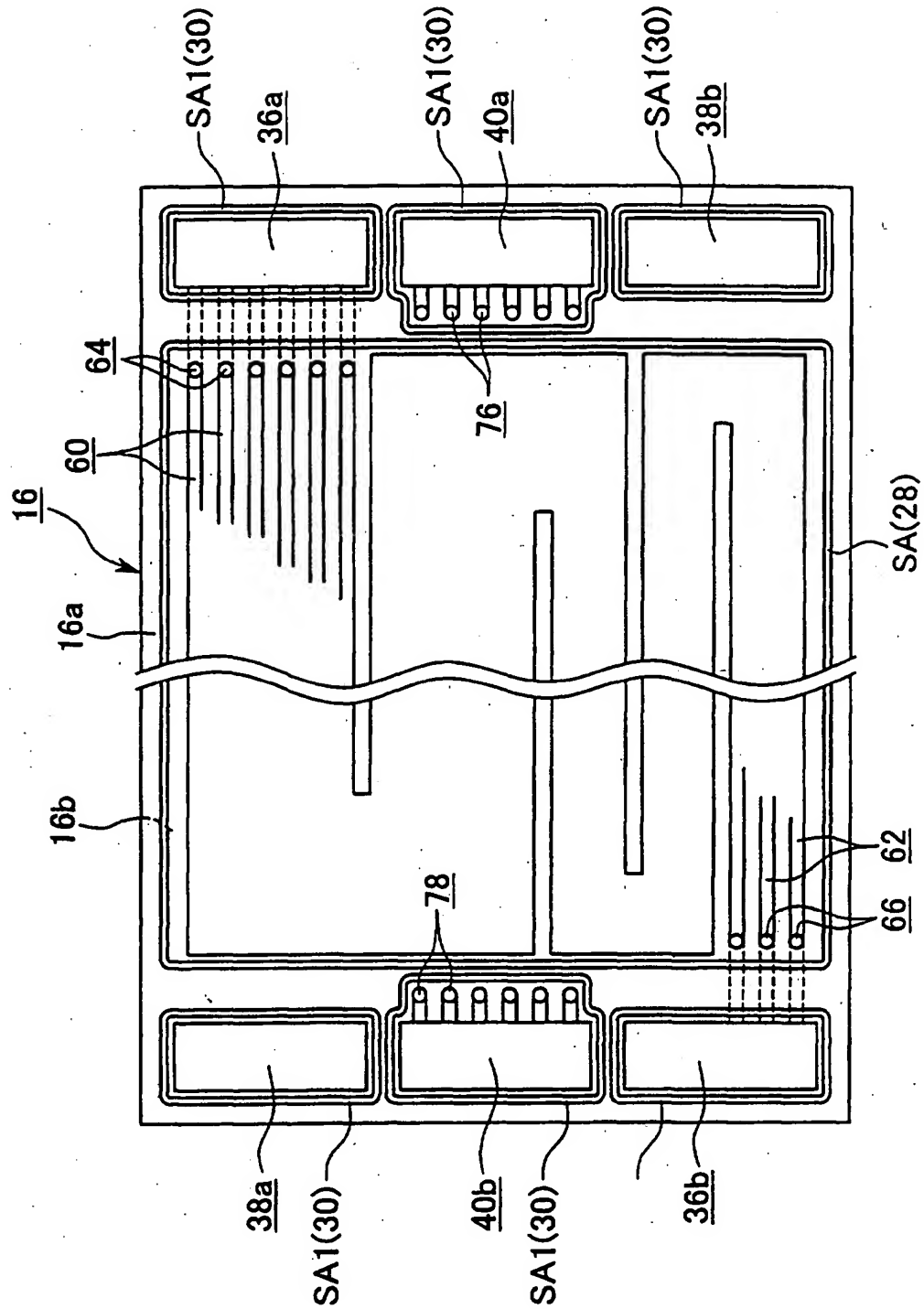


FIG. 27

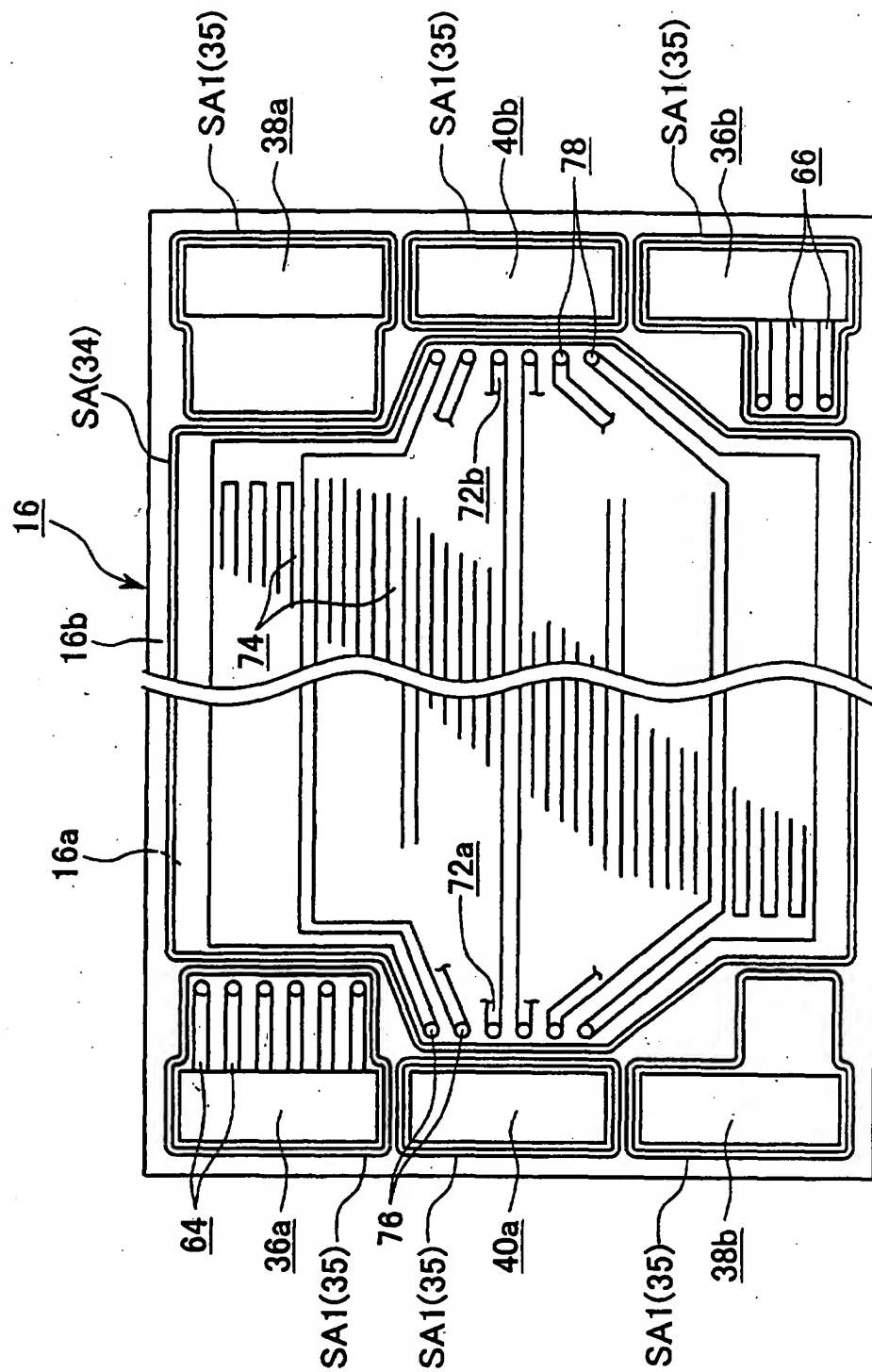


FIG. 28

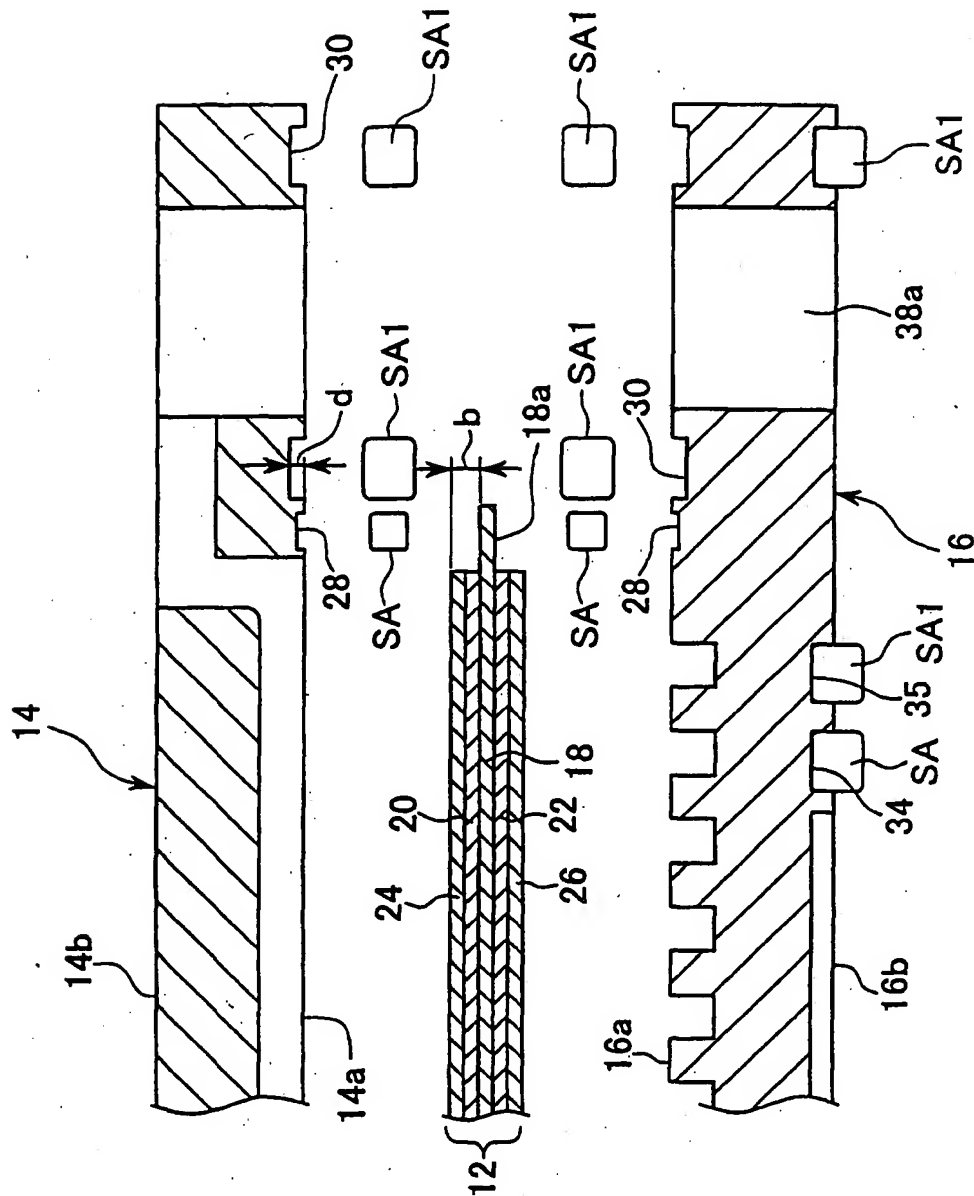


FIG. 29

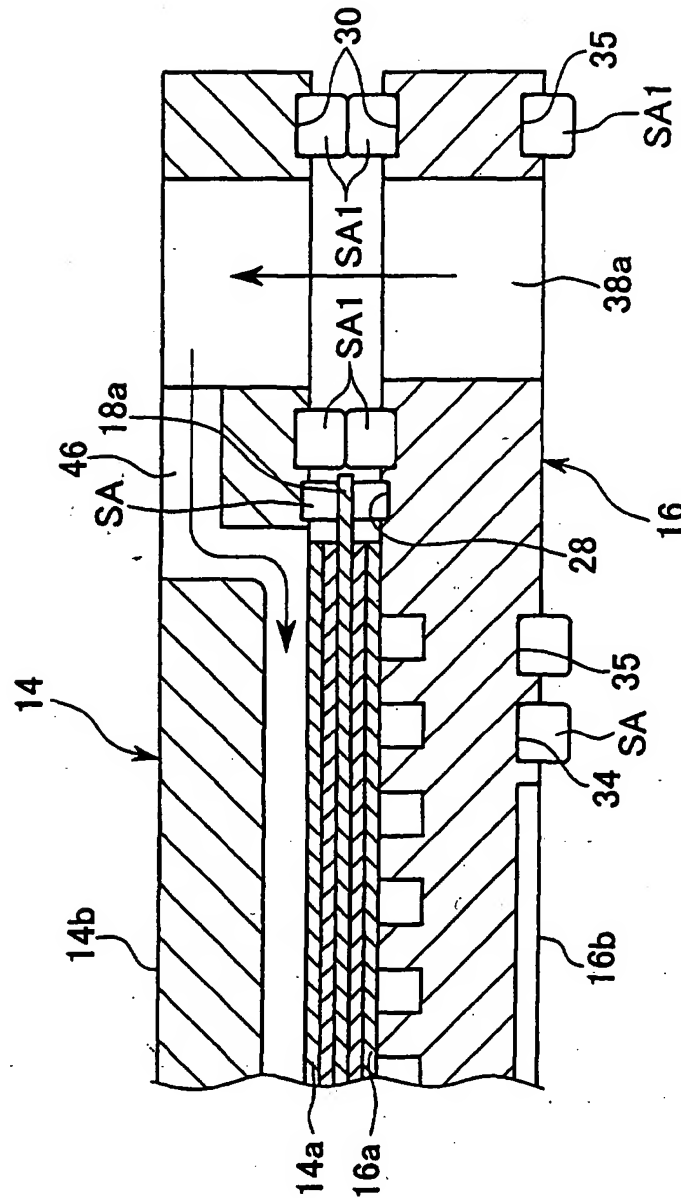


FIG. 30

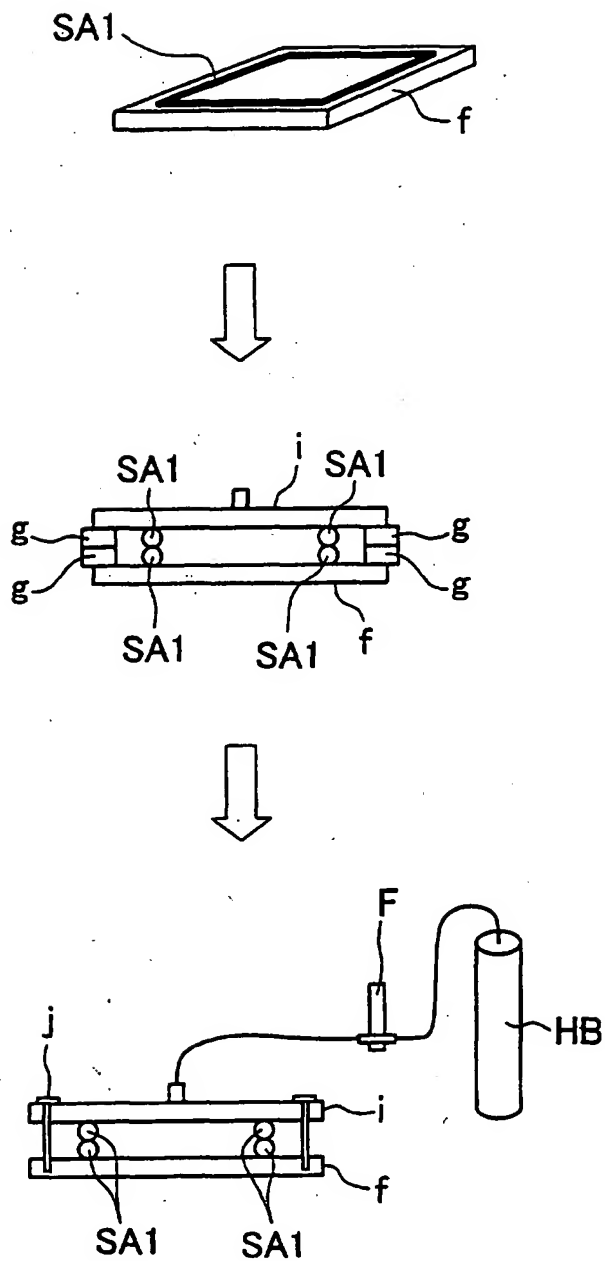




FIG. 31

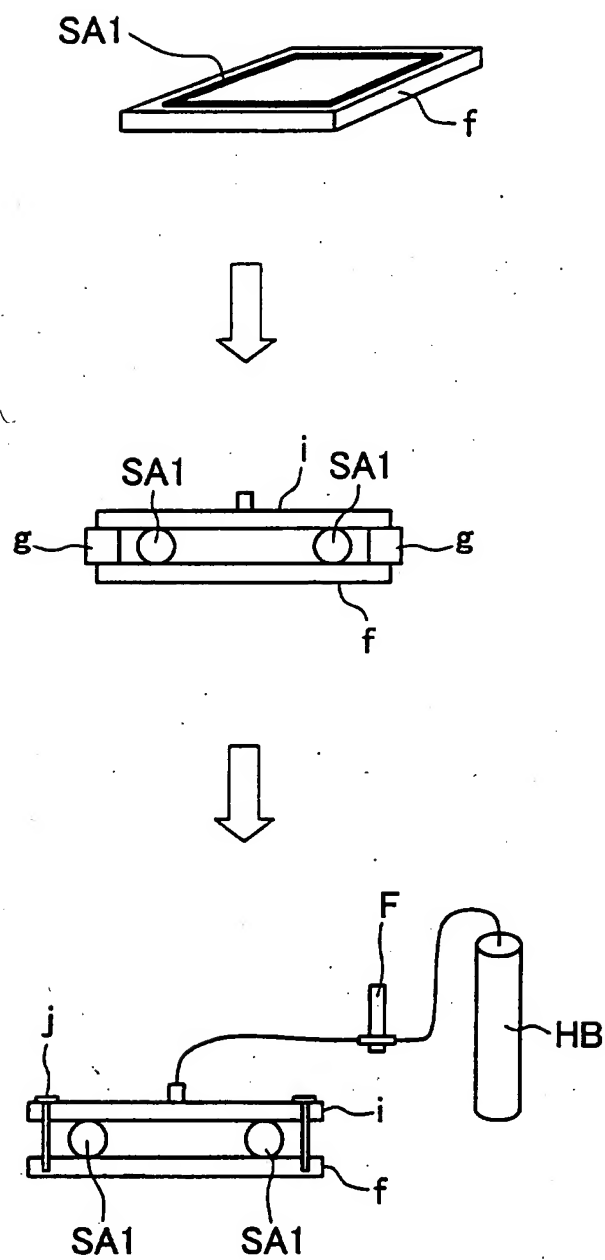


FIG. 32

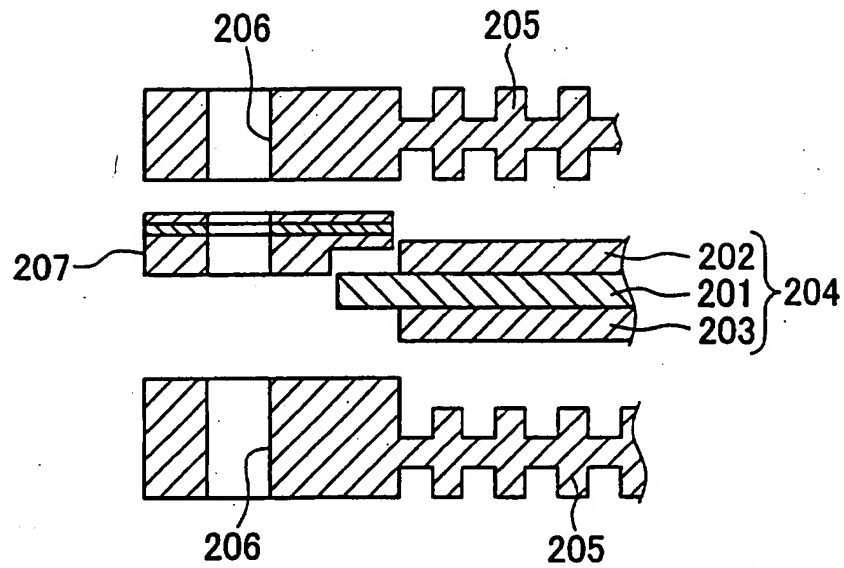


FIG. 33

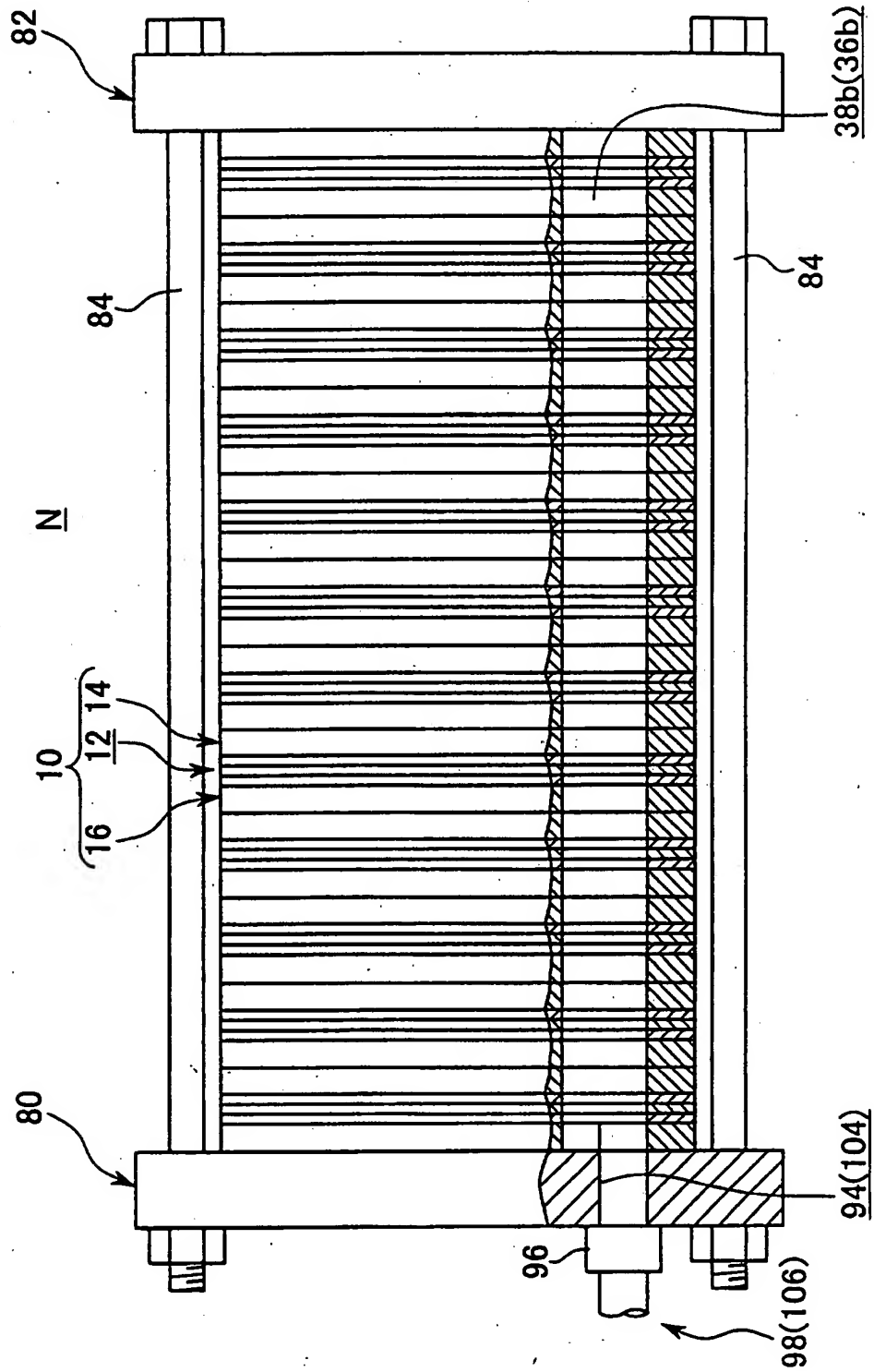


FIG. 34

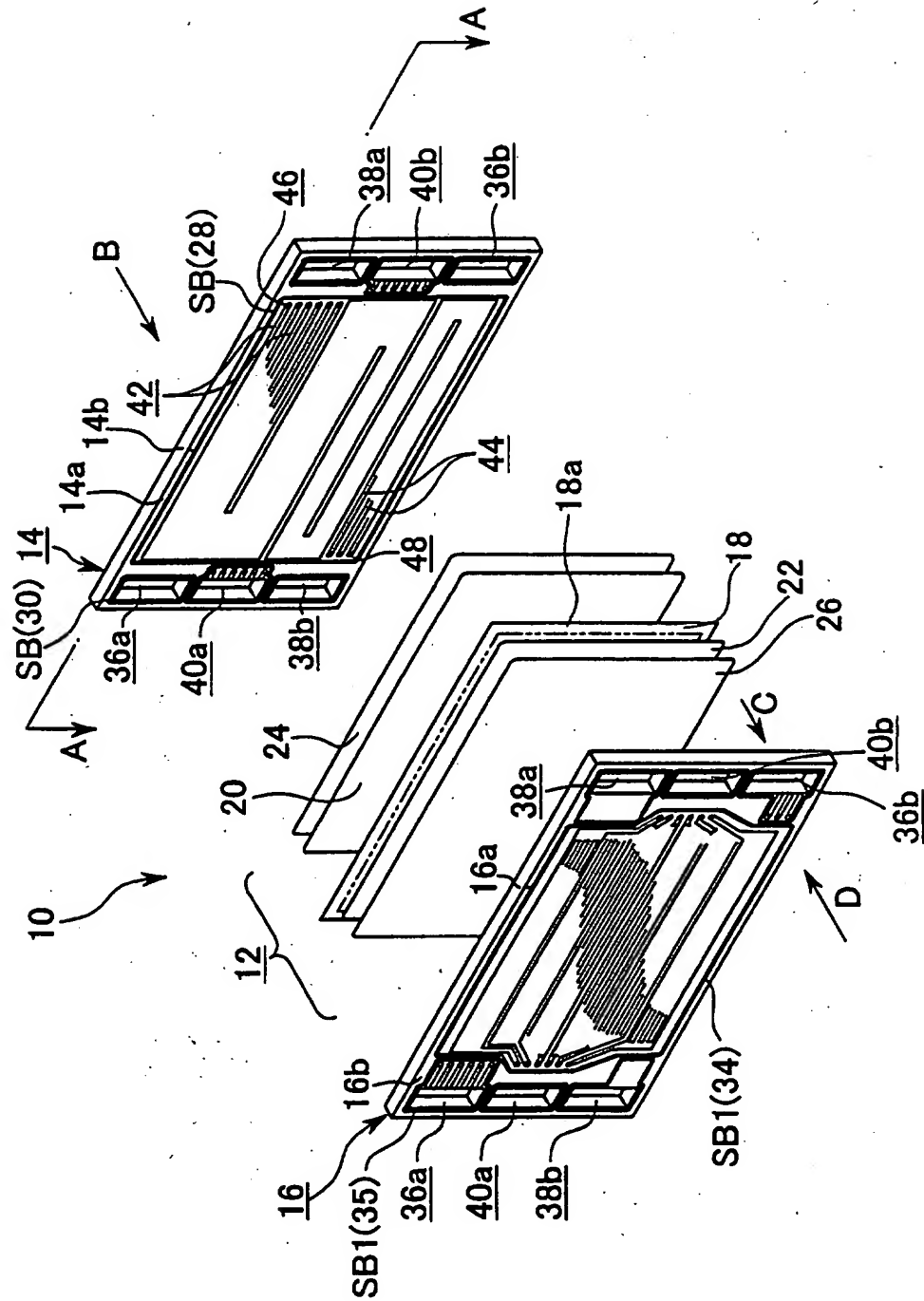


FIG. 35

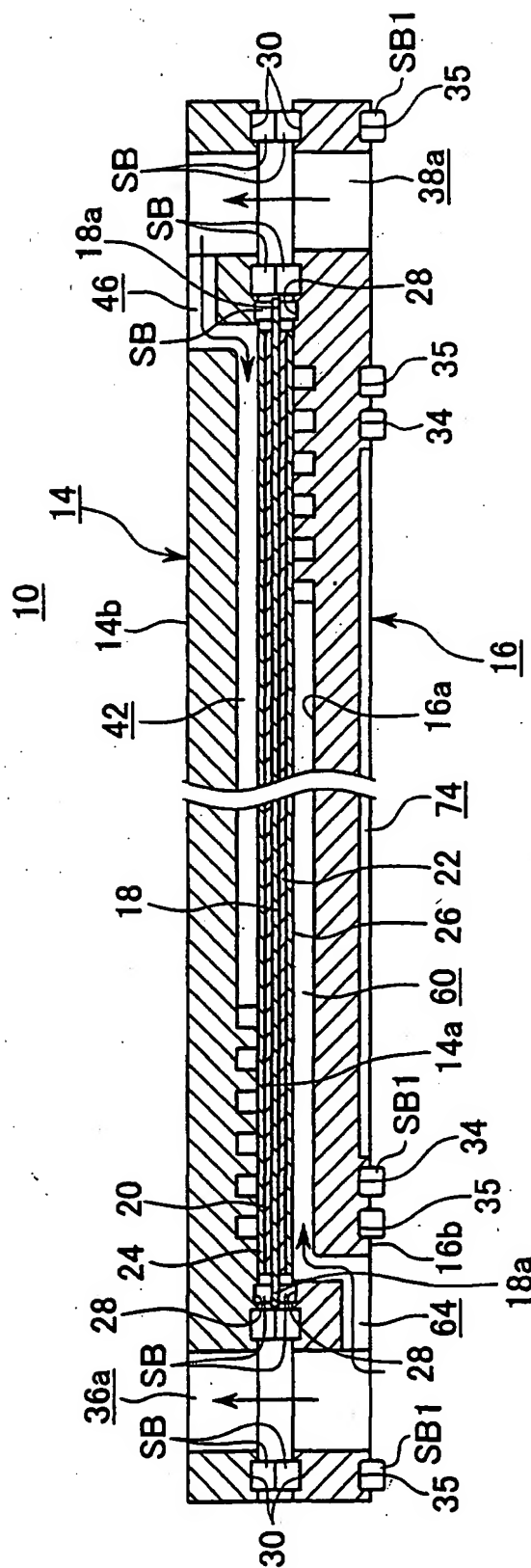


FIG. 36

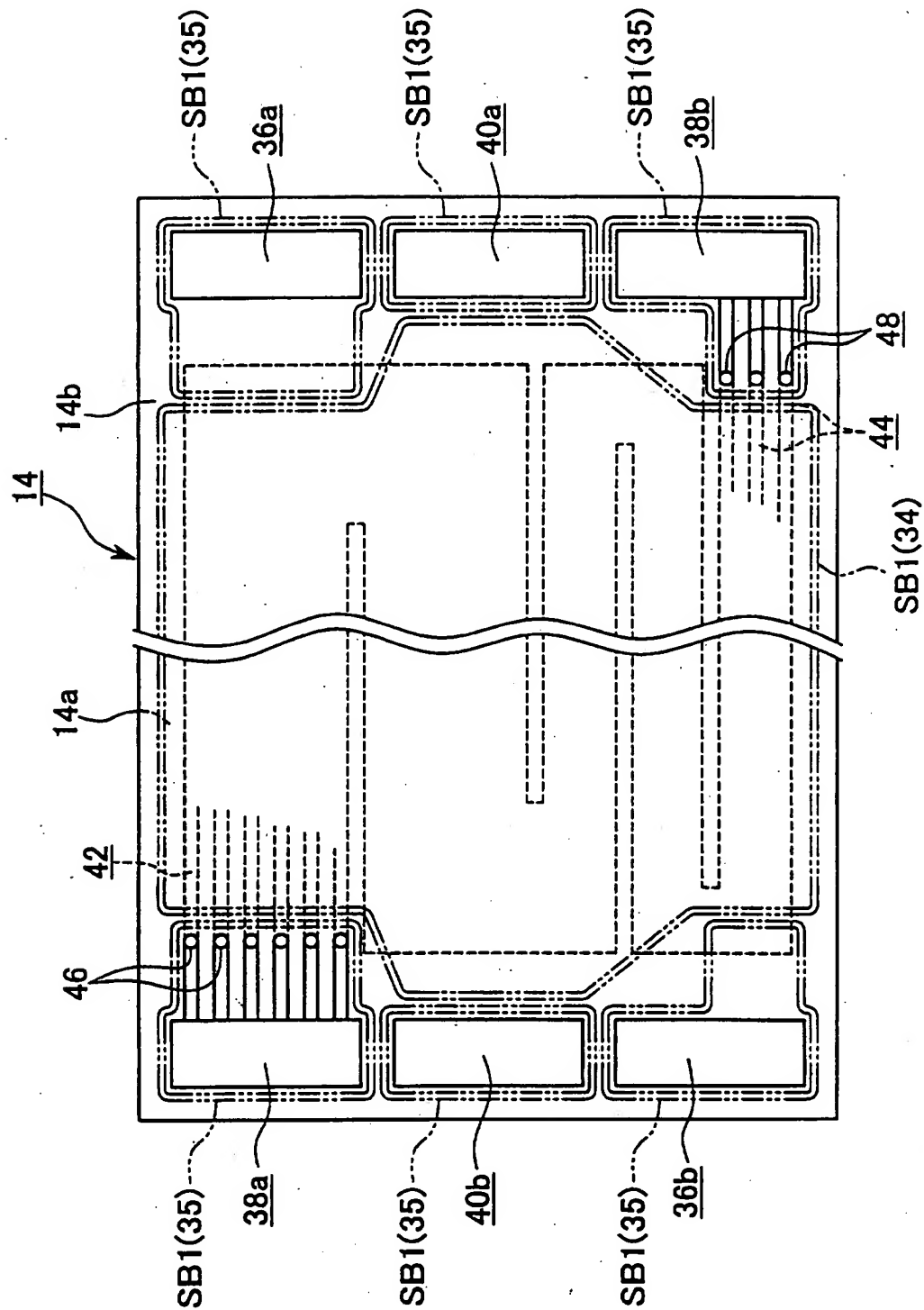


FIG. 37

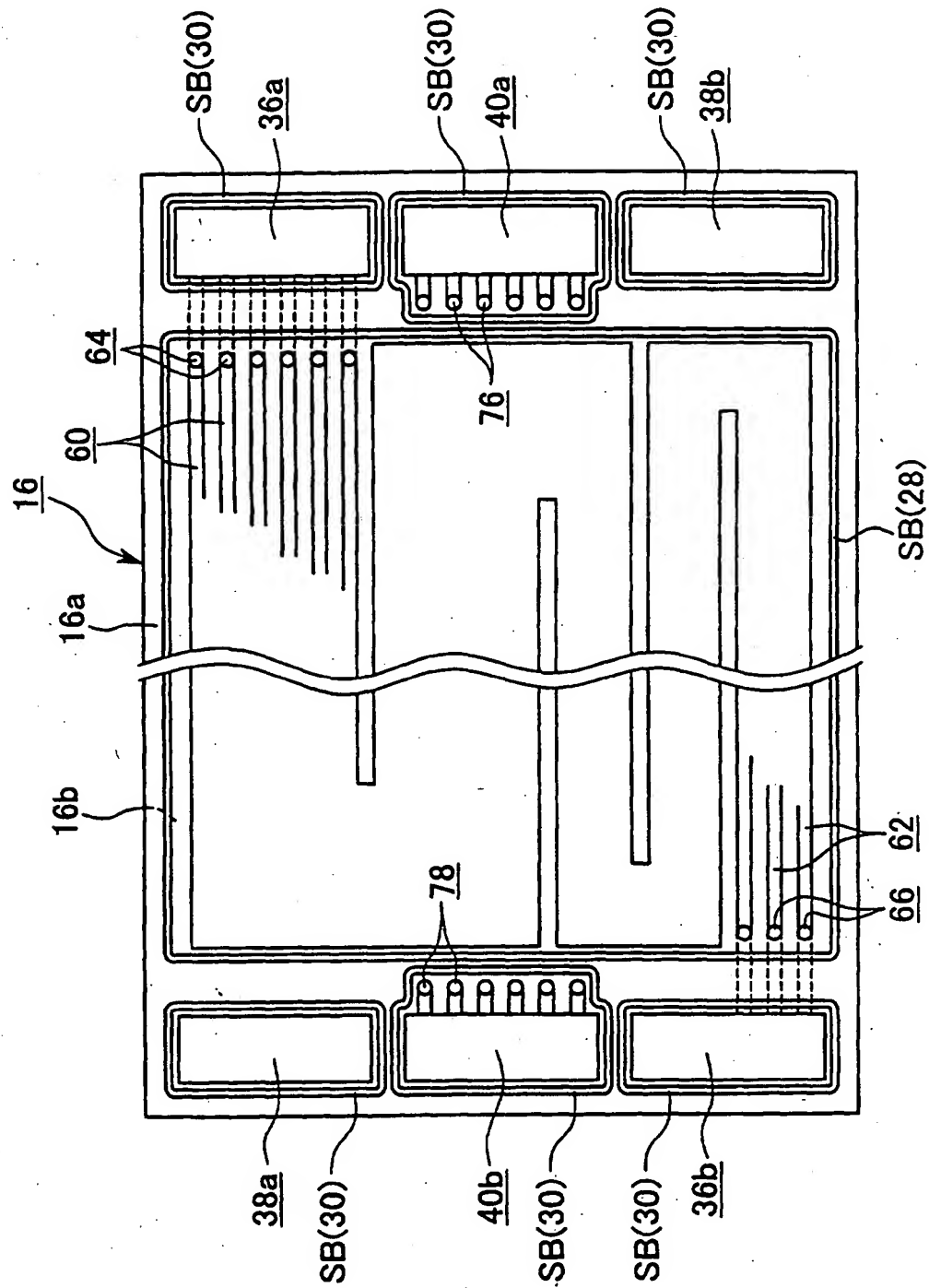


FIG. 38

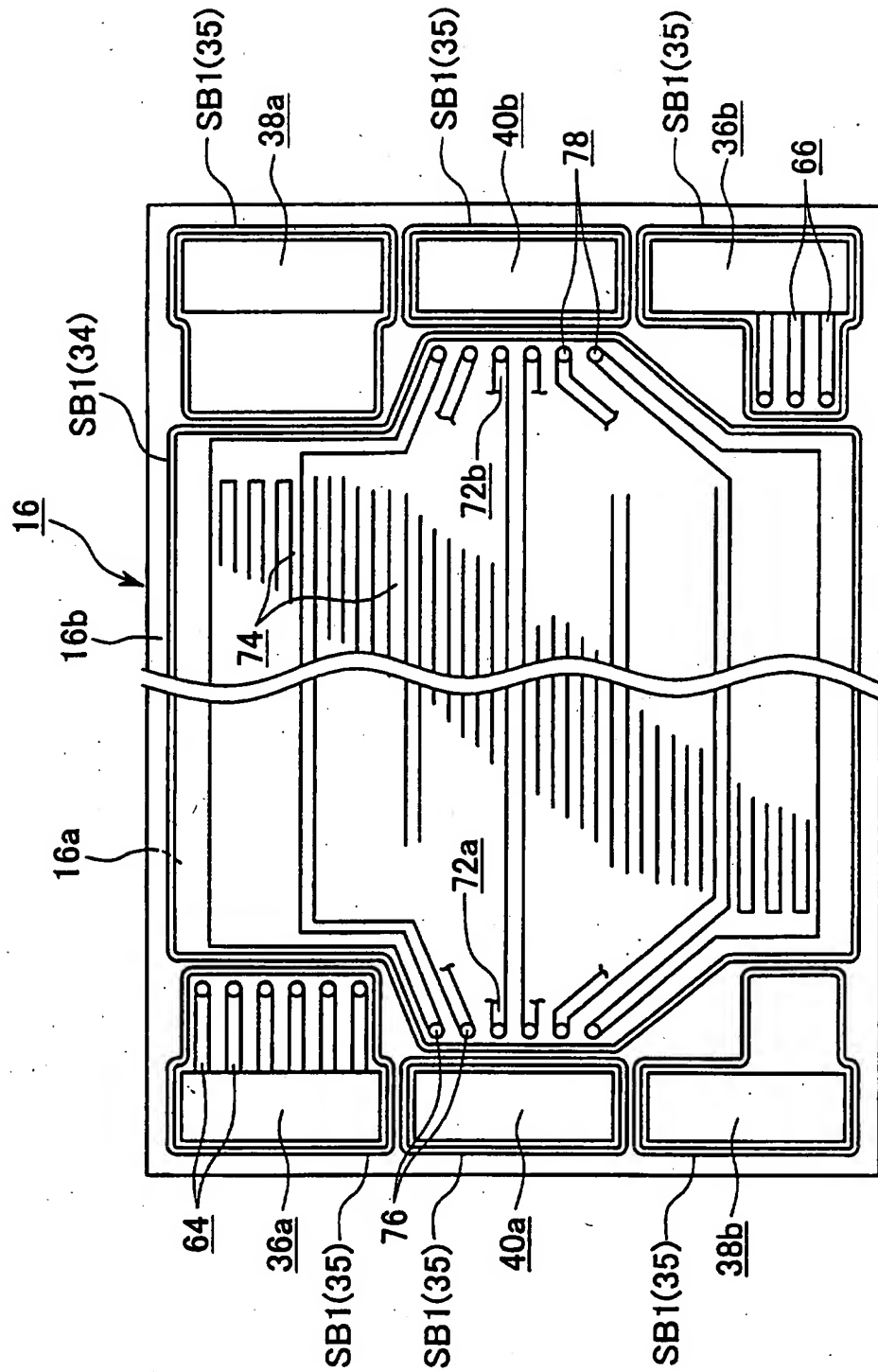




FIG. 39

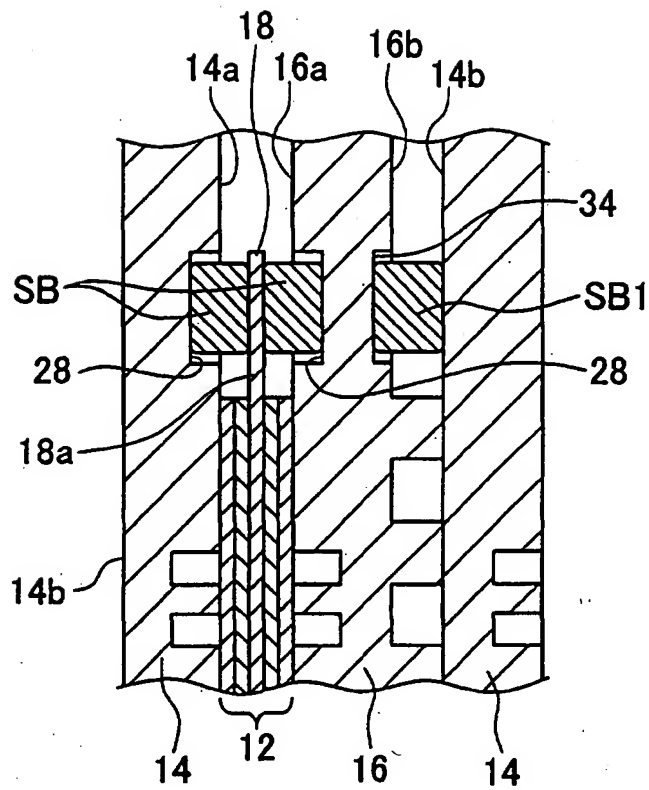


FIG. 40

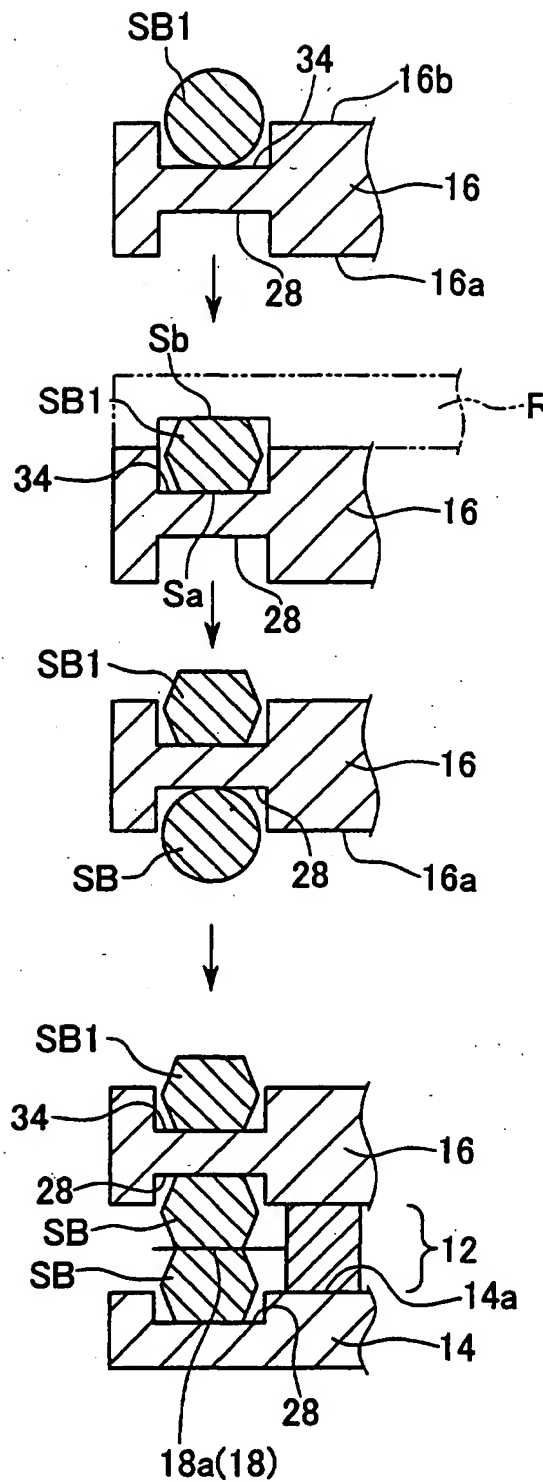


FIG. 41

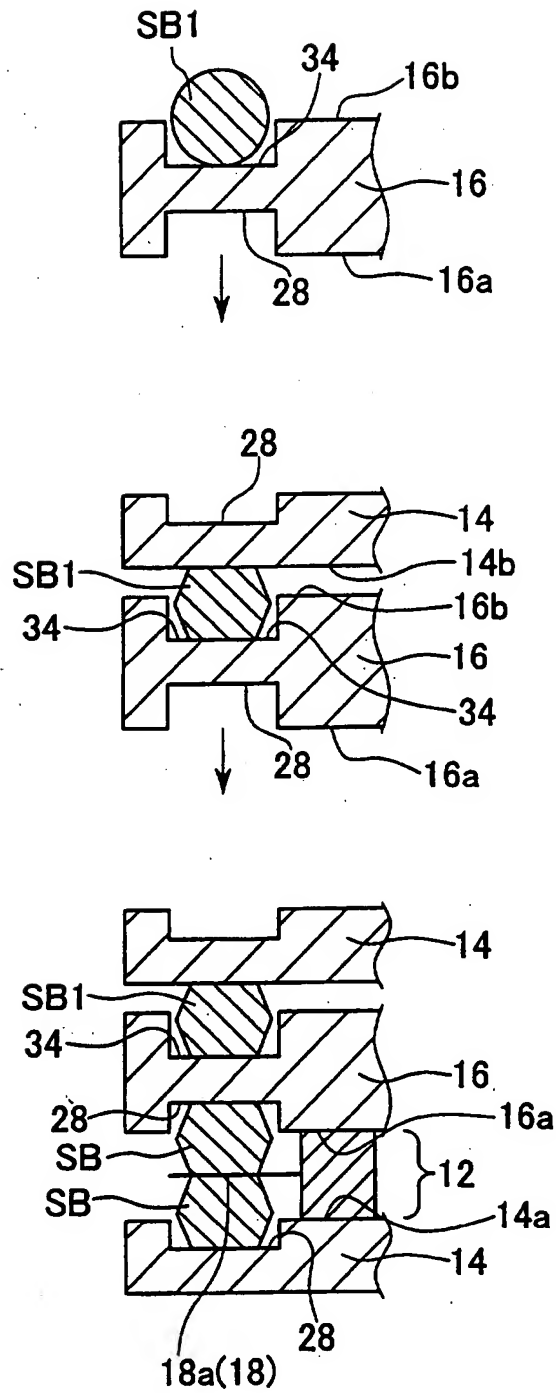


FIG. 42

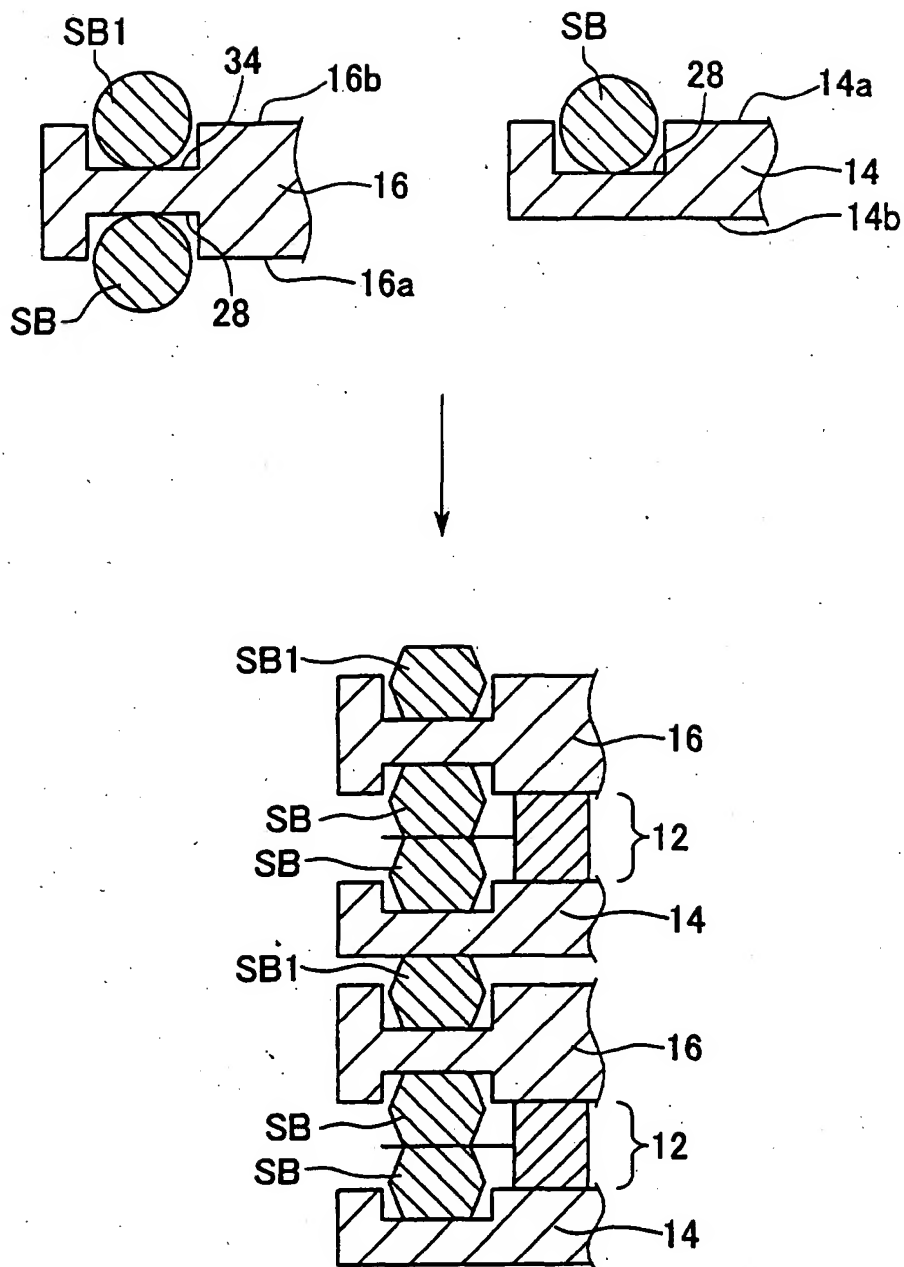


FIG. 43

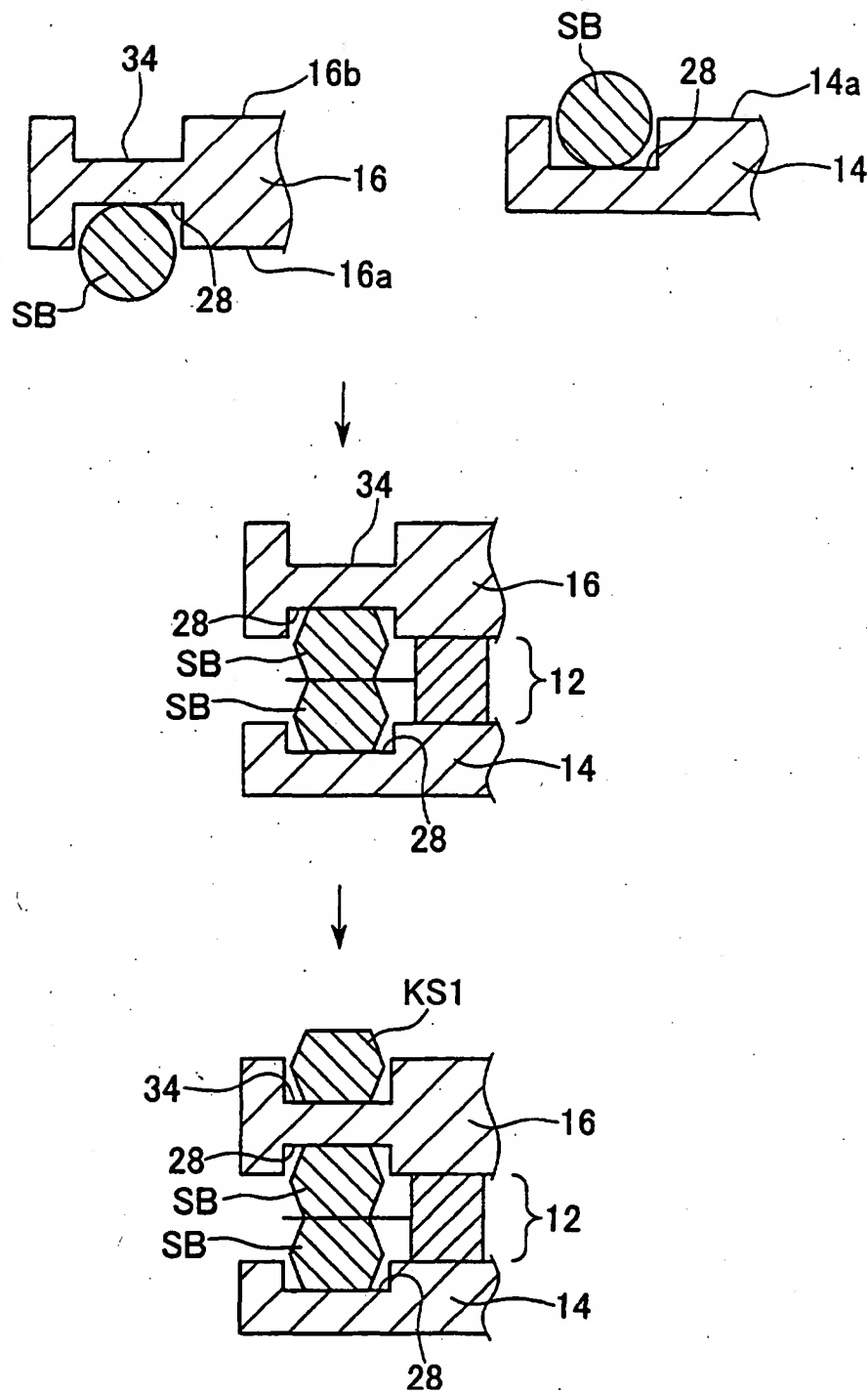


FIG. 44

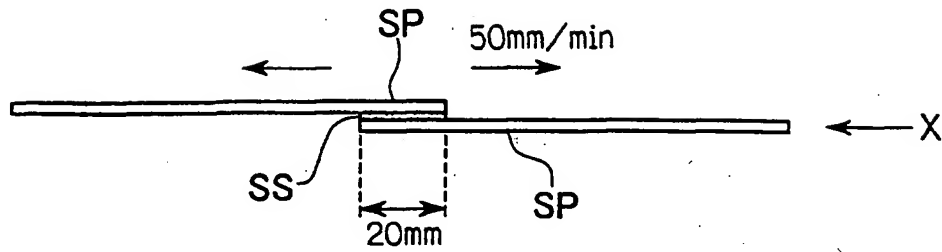


FIG. 45

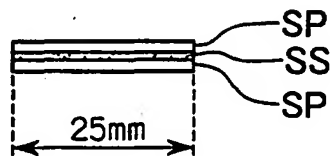


FIG. 46

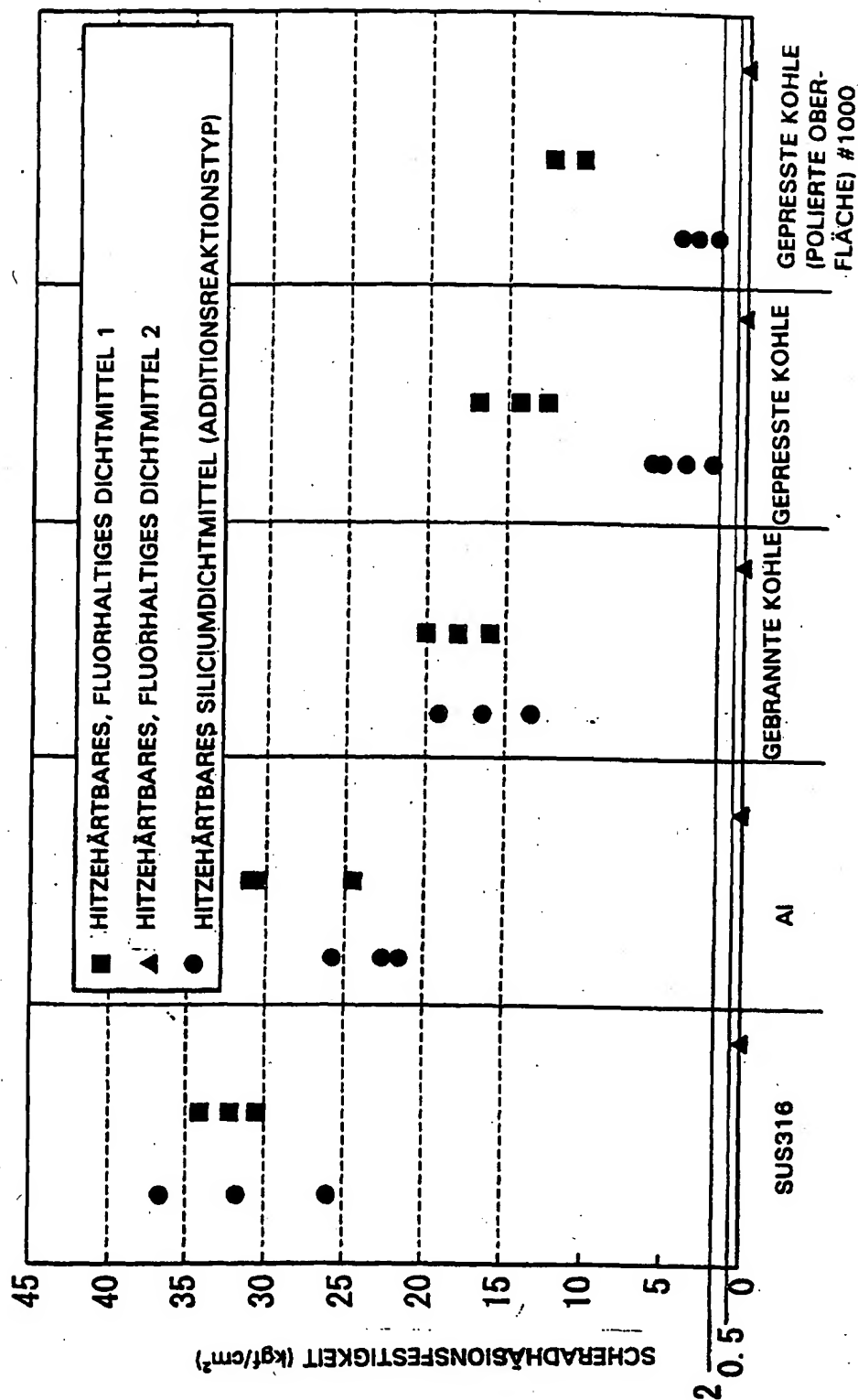


FIG. 47

